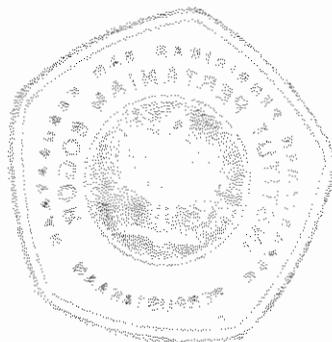


PERANCANGAN KEMASAN BROKOLI UNTUK MENCAPAI
KONDISI OPTIMUM *MODIFIED ATMOSPHERE*



Oleh
SIDIK WIYONO
F 29.1612



1997
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

Sidik Wiyono. F 29.1612. Perancangan Kemasan Brokoli Untuk Mencapai Kondisi Optimum *Modified Atmosphere*. Dibawah bimbingan Ir. I Wayan Budiastira, M.Agr. dan Prof. Dr. Ir. Hadi K. Purwadaria, IPm.

RINGKASAN

Penyimpanan dengan *Modified Atmosphere* (MA) adalah salah satu cara untuk menghambat laju respirasi sayuran agar mampu bertahan lebih lama. Sayuran masih tetap melakukan proses respirasi setelah dipanen, sehingga akan mengalami pematangan dan pembusukan. Menurut penelitian Mulyadi Tubagus (1993), kondisi optimum MA untuk brokoli adalah 4 - 7% oksigen dan 7 - 12% karbondioksida dengan penyimpanan pada suhu 5°C. Kemasan yang digunakan adalah plastik *stretch film* dan plastik LDPE. Hasil pengemasan dengan plastik *stretch film*, brokoli dapat bertahan selama 4 hari, sedangkan dengan plastik LDPE mampu bertahan selama 12 hari. Walaupun demikian pada penelitian ini, keadaan optimum MA tidak tercapai. Dengan demikian, diperlukan suatu penelitian rancangan kemasan untuk mencapai kondisi optimum MA tersebut dan dapat memperpanjang masa simpan brokoli. Dalam penelitian ini akan digunakan kemasan plastik *stretch film* karena banyak dipakai dipasaran dan lebih sedikit timbul embun apabila disimpan pada suhu rendah.

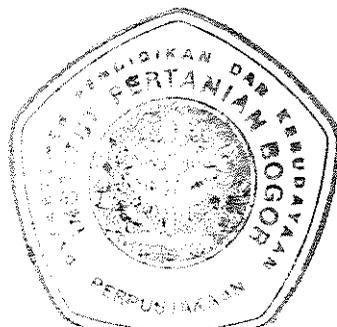
Tujuan penelitian ini adalah ; 1) Merancang kemasan brokoli untuk mencapai kondisi optimum MA, 2) Melakukan pengujian hasil rancangan brokoli dalam kemasan, 3) Menentukan umur simpan brokoli dalam kemasan hasil rancangan.



Untuk mendapatkan rancangan kemasan brokoli yang optimum, maka dilakukan penghitungan luas transmisi berdasarkan persamaan Mannapperumma et. al. (1989). Data laju respirasi brokoli berdasarkan hasil penelitian Mulyadi (1993), yaitu untuk suhu 5°C laju respirasi oksigen sebesar 9.606 ml/kg-jam dan karbondioksida 9.493 ml/kg-jam, sedangkan untuk suhu 10°C, laju respirasi oksigen 10.625 ml/kg-jam dan karbondioksida 11.311 ml/kg-jam. Nilai permeabilitas *stretch film* berdasarkan penelitian Ida Bagus Putu Gunadnya (1993), yaitu pada suhu 10°C untuk oksigen 342 ml-mil/m²-jam-atm dan karbondioksida sebesar 888 ml-mil/m²-jam-atm.

Bahan yang digunakan selama penelitian adalah brokoli segar yang dipanen pada umur 80-90 hari dan diperoleh dari petani di Cipanas Kabupaten Cianjur, Jawa Barat. Peralatan yang dipakai adalah wadah kemasan berbentuk kotak dari *acrylic flexyglass* dengan sisi atas terbuka, plastik *stretch film*, penjepit, pipa plastik, selotip, timbangan, cosmotector untuk mengukur gas, chromameter untuk mengukur perubahan warna dan lemari pendingin dengan tingkat suhu 5°C dan 10°C.

Hasil penghitungan berdasarkan persamaan Mannapperumma et. al. (1993), diperoleh luas *stretch film* 0.0250 m² dengan berat brokoli yang tidak berubah sebesar 0.240 kg dan wadah kemasan berbentuk kotak berukuran 17 cm x 14.7 cm x 11 cm. Sebagai pembanding digunakan luas *stretch film* 0.0248 m² dan 0.0249 m². Volume bebas kemasan hasil penghitungan adalah 2510 ml, dan volume bebas pembanding, 2488 ml dan 2499 ml.





Pada pengukuran komposisi oksigen dan karbondioksida dalam kemasan, dari ketiga kemasan tersebut ternyata kondisi optimum yang diharapkan tidak dapat tercapai. Oleh karena itu untuk mempercepat kondisi optimum, kemasan ini disimpan lebih dulu selama 6 jam pada suhu kamar sebelum dimasukkan ke dalam lemari pendingin.

Hasil pengukuran pada penyimpanan dengan suhu 5°C, untuk kemasan 0.0248 m² dan 0.0249 m², kondisi optimum dapat tercapai pada hari ke-5. Sedangkan untuk kemasan 0.0250 m², mencapai kondisi optimum pada hari ke-4. Hasil pengukuran pada suhu 10°C, untuk kemasan 0.0248 m² dan 0.0249 m², kondisi optimum dapat tercapai pada hari ke-4, dan untuk kemasan 0.0250 m², kondisi optimum tercapai pada hari ke-3.

Pada uji susut bobot brokoli dengan suhu 5°C dan suhu 10°C, kemasan yang mempunyai susut bobot terkecil adalah kemasan *stretch film* 0.0250 m² dengan perlakuan awal disimpan 6 jam suhu kamar. Pada uji perubahan warna, perubahan nilai kecerahan (L) dan nilai b+ (kuning) terbesar terjadi pada penyimpanan dengan suhu 10°C. Perubahan nilai a- (hijau) terkecil, terjadi pada penyimpanan dengan suhu 5°C. Nilai metric hue (H) untuk warna kuning, nilai terbesar terdapat pada brokoli yang disimpan dengan suhu 10°C. Dan untuk beda warna, perubahan terbesar terdapat pada brokoli yang disimpan dengan suhu 10°C terutama pada penyimpanan hari ke-12.

Pada pengujian organoleptik yang meliputi bau dan kesegaran, diperoleh hasil bahwa brokoli yang disimpan pada suhu 5°C dan 10°C, yang dikemas dengan *stretch*



film 0.0250 m² dan disimpan lebih dulu selama 6 jam pada suhu kamar, mempunyai kondisi paling baik dibandingkan dengan kemasan yang lain.

Berdasarkan keseluruhan pengujian yang meliputi susut bobot, perubahan warna, uji organoleptik, dan pengamatan terhadap kemasan brokoli serta semua macam perlakuan, maka diperoleh hasil mutu yang paling baik adalah brokoli yang dikemas dengan *stretch film* 0.0250 m² dan disimpan pada suhu 5°C.

Hak Cipta dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

**PERANCANGAN KEMASAN BROKOLI UNTUK MENCAPAI
KONDISI OPTIMUM *MODIFIED ATMOSPHERE***

Oleh :
SIDIK WIYONO
F 29.1612

S K R I P S I

Sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
Pada Jurusan Mekanisasi Pertanian
Fakultas Teknologi Pertanian
Institut Pertanian Bogor

1997

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANAIN BOGOR**

**PERANCANGAN KEMASAN BROKOLI UNTUK MENCAPAI
KONDISI OPTIMUM *MODIFIED ATMOSPHERE***

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
Pada Jurusan Mekanisasi Pertanian
Fakultas Teknologi Pertanian
Institut Pertanian Bogor

Oleh :

Sidik Wiyono

F 29.1612

Dilahirkan di Tulungagung, 10 April 1973

Tanggal Lulus : September 1997



Hadi K Purwadaria

Prof. Dr. Ir. Hadi K. Purwadaria, IPM.

Dosen Pembimbing II

I. I Wyan Budiastara

Ir. I Wyan Budiastara, MAgr.

Dosen Pembimbing I



6. Pengujian Mutu Brokoli	16
a. Susut Bobot	16
b. Uji Perubahan Warna	16
c. Uji Organoleptik	17
D Rancangan Percobaan	17
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A Rancangan Kemasan	19
B Desain Kemasan Brokoli	20
C Komposisi Konsentrasi O ₂ dan CO ₂	21
D. Susut Bobot	29
E. Perubahan Warna	33
F. Uji Organoleptik	36
1. Bau Brokoli	36
2. Kesegaran Brokoli	39
G. Bentuk Desain Kemasan	46
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	48
B. Saran	48
LAMPIRAN	49
DAFTAR PUSTAKA	64

Hak Cipta Milik Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Bahan baku brokoli yang digunakan dalam penelitian	13
Gambar 2.	Disain kemasan yang digunakan dalam percobaan dari pandangan atas	21
Gambar 3.	Grafik perubahan komposisi O ₂ dan CO ₂ yang dikemas dengan <i>stretch film</i> 0.0248 m ² pada suhu 5°C	22
Gambar 4.	Grafik perubahan komposisi O ₂ dan CO ₂ yang dikemas dengan <i>stretch film</i> 0.0249 m ² pada suhu 5°C	23
Gambar 5.	Grafik perubahan komposisi O ₂ dan CO ₂ yang dikemas dengan <i>stretch film</i> 0.0250 m ² pada suhu 5°C	23
Gambar 6.	Grafik perubahan komposisi O ₂ dan CO ₂ yang dikemas dengan <i>stretch film</i> 0.0248 m ² pada suhu 10°C	24
Gambar 7.	Grafik perubahan komposisi O ₂ dan CO ₂ yang dikemas dengan <i>stretch film</i> 0.0249 m ² pada suhu 5°C	24
Gambar 8.	Grafik perubahan komposisi O ₂ dan CO ₂ yang dikemas dengan <i>stretch film</i> 0.0250 m ² pada suhu 10°C	25
Gambar 9.	Grafik perubahan komposisi O ₂ dan CO ₂ yang dikemas dengan <i>stretch film</i> 0.0248 m ² pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar	26
Gambar 10.	Grafik perubahan komposisi O ₂ dan CO ₂ yang dikemas dengan <i>stretch film</i> 0.0249 m ² pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar	26
Gambar 11.	Grafik perubahan komposisi O ₂ dan CO ₂ yang dikemas dengan <i>stretch film</i> 0.025 m ² pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar	27
Gambar 12.	Grafik perubahan komposisi O ₂ dan CO ₂ yang dikemas dengan <i>stretch film</i> 0.0248 m ² pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar	27
Gambar 13.	Grafik perubahan komposisi O ₂ dan CO ₂ yang dikemas dengan <i>stretch film</i> 0.0249 m ² pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar	28

Gambar 14.	Grafik perubahan komposisi O ₂ dan CO ₂ yang dikemas dengan <i>stretch film</i> 0.025 m ² pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar	28
Gambar 15.	Grafik susut bobot brokoli tanpa kemasan pada suhu 5°C dan 10°C. ...	29
Gambar 16.	Grafik susut bobot brokoli yang dikemas dengan <i>stretch film</i> 0.0248 m ² pada suhu 5°C	30
Gambar 17.	Grafik susut bobot brokoli yang dikemas dengan <i>stretch film</i> 0.0249 m ² pada suhu 5°C	30
Gambar 18.	Grafik susut bobot brokoli yang dikemas dengan <i>stretch film</i> 0.0250 m ² pada suhu 5°C	31
Gambar 19.	Grafik susut bobot brokoli yang dikemas dengan <i>stretch film</i> 0.0248 m ² pada suhu 10°C	32
Gambar 20.	Grafik susut bobot brokoli yang dikemas dengan <i>stretch film</i> 0.0249 m ² pada suhu 10°C	32
Gambar 21.	Grafik susut bobot brokoli yang dikemas dengan <i>stretch film</i> 0.0250 m ² pada suhu 10°C	33
Gambar 22.	Perubahan nilai b+ (kuning) brokoli pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam suhu kamar	34
Gambar 23.	Perubahan nilai b+ (kuning) brokoli pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam suhu kamar	34
Gambar 24.	Perubahan nilai a- (hijau) brokoli pada suhu 5°C dengan perlakuan awal 6 jam suhu kamar	35
Gambar 25.	Perubahan nilai a- (hijau) brokoli pada suhu 10°C dengan perlakuan awal 6 jam suhu kamar	36
Gambar 26.	Uji hedonik terhadap bau brokoli yang disimpan pada suhu 5°C	37
Gambar 27.	Uji hedonik terhadap bau brokoli yang disimpan pada suhu 10°C	38
Gambar 28.	Uji hedonik terhadap kesegaran brokoli yang disimpan pada suhu 5°C	40
Gambar 29.	Uji hedonik terhadap kesegaran brokoli yang disimpan pada suhu 10°C	41
Gambar 30.	Penampakan brokoli yang disimpan pada hari ke-0	42

Hak Cipta Dilindungi undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak mengizinkan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 26.	Uji hedonik terhadap bau brokoli yang disimpan pada suhu 5°C.....	37
Gambar 27.	Uji hedonik terhadap bau brokoli yang disimpan pada suhu 10°C.....	38
Gambar 28.	Uji hedonik terhadap kesegaran brokoli yang disimpan pada suhu 5°C	40
Gambar 29.	Uji hedonik terhadap kesegaran brokoli yang disimpan pada suhu 10°C	41
Gambar 30.	Penampakan brokoli yang disimpan pada hari ke-0	42
Gambar 31.	Penampakan brokoli yang disimpan pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan selama 6 jam suhu kamar pada hari ke-4	42
Gambar 32.	Penampakan brokoli yang disimpan pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan selama 6 jam suhu kamar pada hari ke-8	43
Gambar 33.	Penampakan brokoli yang disimpan pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan selama 6 jam suhu kamar pada hari ke-12	43
Gambar 34.	Penampakan brokoli yang disimpan pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan selama 6 jam suhu kamar pada hari ke-16	44
Gambar 35.	Penampakan brokoli yang disimpan pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan selama 6 jam suhu kamar pada hari ke-4	44
Gambar 36.	Penampakan brokoli yang disimpan pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan selama 6 jam suhu kamar pada hari ke-8	45
Gambar 37.	Penampakan brokoli yang disimpan pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan selama 6 jam suhu kamar pada hari ke-12	45
Gambar 38.	Penampakan brokoli yang disimpan pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan selama 6 jam suhu kamar pada hari ke-16	46
Gambar 39.	Bentuk desain kemasan hasil rancangan	47

Hak cipta Dilindungi Undang-undang
1. Tidak diperbolehkan untuk menyalin, menduplikasi, atau menyalin kembali isi dari buku ini tanpa izin dari pihak IPB University.
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Impor/Ekspor Kembang Kol dan Brokoli dalam bentuk segar/dingin	2
Tabel 2.	Kandungan gizi brokoli per 100 gram	6
Tabel 3.	Koefisien permeabilitas film kemasan hasil perhitungan dan penetapan dalam satuan ml.mil/m ² .jam.atm (Gunadnya, 1993)	11

@ Hak cipta milik IPB University

IPB University



Cipta Dilindungi Undang-undang
Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Tahapan penelitian perancangan kemasan brokoli untuk mencapai kondisi optimum <i>Modified Atmosphere</i>	49
Lampiran 2.	Penghitungan untuk mendapatkan luas kemasan brokoli	50
Lampiran 3.	Rataan komposisi konsentrasi O ₂ dan CO ₂ yang dikemas <i>stretch film</i> 0.0248 m ² pada suhu 5°C	51
Lampiran 4.	Rataan komposisi konsentrasi O ₂ dan CO ₂ yang dikemas <i>stretch film</i> 0.0249 m ² pada suhu 5°C	51
Lampiran 5.	Rataan komposisi konsentrasi O ₂ dan CO ₂ yang dikemas <i>stretch film</i> 0.0250 m ² pada suhu 5°C	52
Lampiran 6.	Rataan komposisi konsentrasi O ₂ dan CO ₂ yang dikemas <i>stretch film</i> 0.0248 m ² pada suhu 10°C	52
Lampiran 7.	Rataan komposisi konsentrasi O ₂ dan CO ₂ yang dikemas <i>stretch film</i> 0.0249 m ² pada suhu 10°C	53
Lampiran 8.	Rataan komposisi konsentrasi O ₂ dan CO ₂ yang dikemas <i>stretch film</i> 0.025 m ² pada suhu 10°C	53
Lampiran 9.	Komposisi konsentrasi O ₂ dan CO ₂ yang dikemas dengan <i>stretch film</i> 0.0248 m ² pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar	54
Lampiran 10.	Komposisi konsentrasi O ₂ dan CO ₂ yang dikemas dengan <i>stretch film</i> 0.0249 m ² pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar	54
Lampiran 11.	Komposisi konsentrasi O ₂ dan CO ₂ yang dikemas dengan <i>stretch film</i> 0.025 m ² pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar	55
Lampiran 12.	Komposisi konsentrasi O ₂ dan CO ₂ yang dikemas dengan <i>stretch film</i> 0.0248 m ² pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar	55
Lampiran 13.	Komposisi konsentrasi O ₂ dan CO ₂ yang dikemas dengan <i>stretch film</i> 0.0249 m ² pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar	56

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis tanpa menunjukkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 14.	Komposisi konsentrasi O ₂ dan CO ₂ yang dikemas dengan <i>stretch film</i> 0.025 m ² pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar	56
Lampiran 15.	Rataan nilai dari susut bobot brokoli (g/100g)	57
Lampiran 16.	Perubahan warna brokoli yang dikemas <i>stretch film</i> 0.0248 m ² pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar .	58
Lampiran 17.	Perubahan warna brokoli yang dikemas <i>stretch film</i> 0.0249 m ² pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar .	58
Lampiran 18.	Perubahan warna brokoli yang dikemas <i>stretch film</i> 0.0250 m ² pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar .	59
Lampiran 19.	Perubahan warna brokoli yang dikemas <i>stretch film</i> 0.0248 m ² pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar	59
Lampiran 20.	Perubahan warna brokoli yang dikemas <i>stretch film</i> 0.0249 m ² pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar	60
Lampiran 21.	Perubahan warna brokoli yang dikemas <i>stretch film</i> 0.0250 m ² pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar	60
Lampiran 22.	Analisis keragaman suhu, luas transmisi dan lama penyimpanan terhadap susut bobot brokoli	61
Lampiran 23.	Rataan nilai uji organoleptik terhadap kesegaran brokoli	62
Lampiran 24.	Rataan nilai uji organoleptik terhadap bau brokoli	63

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang yang pada saat ini sedang membangun di segala bidang untuk menciptakan masyarakat yang adil dan makmur. Komoditas hortikultura telah dipandang sebagai salah satu bidang agribisnis pemicu pertumbuhan baru dalam sektor pertanian. Hal ini didasari oleh menguatnya prospek permintaan baik untuk pasar dalam negeri maupun ekspor. Dipihak lain, sumber daya yang tersedia masih mendukung untuk peningkatan agribisnis hortikultura.

Peningkatan konsumsi produk hortikultura di dalam negeri dilandasi oleh peningkatan pendapatan penduduk, peningkatan pendidikan maupun perubahan jenis pekerjaan yang disertai dengan urbanisasi. Selain itu, penduduk kota menunjukkan proporsi pemanfaatan produk hortikultura lebih besar dibandingkan dengan penduduk desa. Terhadap komoditas lain produk hortikultura menunjukkan elastisitas pendapatan yang lebih tinggi.

Mengingat tingginya elastisitas pendapatan tersebut, permintaan produk hortikultura di pasar dunia juga terus meningkat. Seperti komoditas dan pangan lainnya, produk hortikultura masih didominasi oleh petani-petani kecil. Jenis sayuran dan buah-buahan merupakan produk hortikultura yang banyak diusahakan di Indonesia. Namun dilihat dari pangsa luas panennya, terdapat 10 jenis sayuran dan buah-buahan yang paling dominan, yaitu : untuk sayuran; cabe, kacang panjang, terung, ketimun, kubis, bawang merah, kacang merah, tomat, kangkung dan bayam.

Untuk buah-buahan; pisang, mangga, jeruk, jambu, rambutan, nanas, durian, pepaya, alpukat dan sawo (Sudaryanto, 1993).

Kembang kol dan brokoli merupakan salah satu sayuran yang pada saat ini semakin banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Besarnya produksi kembang kol dan brokoli untuk impor maupun ekspor menurut Biro Pusat Statistik mengalami kenaikan dan penurunan. Pada Tabel 1 terlihat besarnya impor dari luar negeri melebihi besarnya ekspor. Hal ini tentu saja kurang menguntungkan bagi Indonesia sendiri. Untuk lebih meingkatkan produksi dalam negeri, perlu di upayakan pemanfaatan sumber daya alam dan sumber daya manusia semaksimal mungkin.

Tabel 1. Impor/Ekspor Kembang Kol dan Brokoli dalam bentuk segar/dingin

Tahun	Jumlah (kg)	
	Impor	Ekspor
1990	4 975	1 554 017
1991	20 421	274 128
1992	41 636	89 640
1993	59 162	366 042
1994	160 506	186 352
1995	222 359	179 880

Sumber : Biro Pusat Statistik 1996, Jakarta

Brokoli, termasuk sayuran yang bernilai tinggi perlu dikembangkan penanamannya dan penanganan pasca panen yang lebih baik. Di daerah tropis yang lembab sayuran dapat mengalami kerusakan terutama disebabkan oleh kondisi suhu

dan kelembaban lingkungan. Selain itu, penanganan pasca panen yang kurang baik akan menurunkan mutu produk tersebut.

Perubahan mutu selama proses penyimpanan terjadi karena sayuran masih melakukan beberapa aktivitas hidup, diantaranya tetap bernapas. Kecepatan pernapasan produk tergantung dari suhu penyimpanan, ketersediaan oksigen untuk bernapas dan karakteristik produk itu sendiri. Untuk memperpanjang umur penyimpanan sayuran perlu disimpan pada suhu rendah. Walaupun pada kenyataannya, hasil yang diperoleh sangat terbatas.

Dewasa ini telah banyak diterapkan teknis penyimpanan yang lebih baik yakni dengan mengontrol dan melakukan modifikasi terhadap gas-gas yang terlibat dalam proses pernapasan yang dikombinasikan dengan suhu rendah. Tujuan dari teknik ini untuk mengefektifkan pemakaian suhu rendah guna memperpanjang masa penyimpanan.

Teknik penyimpanan dengan *modified atmosphere* telah banyak dilakukan. Penelitian terhadap sayuran brokoli sudah dilakukan oleh Mulyadi Tubagus (1993). Berlangsungnya proses respirasi pada bahan menyebabkan bobot brokoli selama penyimpanan mengalami penurunan. Kekerasan brokoli bagian batang dan di bagian kembangnya mengalami kenaikan. Dari lima taraf konsentrasi gas yang dilakukan dan dua tingkat suhu penyimpanan, konsentrasi gas O₂ dan CO₂ optimum untuk penyimpanan brokoli adalah 4 - 7% O₂ dan 7 - 12% CO₂ pada penyimpanan suhu 5⁰C (Mulyadi, 1993).

Brokoli yang disimpan pada suhu 5⁰C, menggunakan jenis *Stretch Film* (khusus yang digunakan dipasaran) hanya dapat bertahan 4 hari, dan dengan menggunakan plastik LDPE dapat bertahan 12 hari.

Untuk memanfaatkan *modified atmosphere* yang sudah ada, maka akan dilakukan penelitian perancangan kemasan brokoli untuk mencapai kondisi optimum. Penelitian ini merupakan kelanjutan dari hasil penelitian Mulyadi Tubagus (1993). Penggunaan plastik *stretch film* dipilih sebagai penutup kemasan karena lebih banyak dipakai dipasaran dan lebih sedikit timbul embun di dalamnya apabila disimpan pada suhu rendah. Dari umur simpan dengan *stretch film* yang hanya 4 hari (Mulyadi, 1993), maka diharapkan hasil penelitian ini akan lebih memperpanjang umur simpan brokoli.

B. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Merancang kemasan brokoli untuk mencapai kondisi optimum *modified atmosphere*.
2. Melakukan pengujian hasil rancangan kemasan brokoli.
3. Menentukan umur simpan brokoli dalam kemasan tersebut.



II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Bahan Baku

Brokoli termasuk tanaman famili *Cruciferae* yang kadang-kadang disebut juga Kembang Kol Hijau atau Brokoli Italia. Berdasarkan catatan yang ada brokoli adalah sejenis kembang yang pada jaman Romawi terpisah menjadi brokoli dan kembang kol. Brokoli berasal dari bahasa latin *Brocca* yang berarti tunas dan dalam bahasa Italia menjadi Broccoli atau Kubis Bunga Hijau (Libner, Nonnecke, 1989).

Tanaman brokoli ini dapat tumbuh pada berbagai tanah, mulai tanah berpasir seperti regosol sampai pada jenis tanah berat (gromosol). Tanah yang bertekstur ringan akan sangat baik untuk pertumbuhan tanaman ini. Pada pertumbuhan awal adalah perkembangan akar, baik panjang maupun jumlahnya dipengaruhi media tanah yang gembur. Pada pertumbuhan selanjutnya tanaman brokoli memerlukan tanah yang berkemampuan mengikat air lebih banyak. Kisaran keasaman tanah yang optimal untuk pertumbuhan brokoli adalah 6-6.5. Tanah dengan kandungan bahan organik, unsur hara makro terutama N, P, dan Mg serta unsur hara mikro yang cukup, akan banyak berpengaruh pada kualitas hasil bunga yang akan dipanen.

Brokoli biasa ditanam pada dataran tinggi dengan ketinggian ± 1200 meter di atas permukaan laut. Di Indonesia dengan iklim tropisnya, tanaman brokoli termasuk tanaman anual, yaitu pertumbuhan yang terjadi hanya secara vegetatif. Pembentukan bunga dapat terjadi jika suhu rata-rata 7°C terjadi empat minggu, kemudian diikuti suhu 4°C dan 10°C pada umur lima minggu (Iman Harjono, 1996).



Brokoli dipanen dengan cara dipotong kurang lebih 20-25 cm dari bagian pucuk ke bawah sebelum bunganya mekar dan berwarna kuning. Biasanya ukuran normal garis tengah bagian bunga brokoli mencapai 15-17,5 cm. Setelah dipanen brokoli harus segera ditangani dengan baik karena memiliki kadar air yang cukup tinggi. Untuk mencegah terjadinya proses pematangan dan pembusukan, sebelum dikemas brokoli yang telah dipanen harus disimpan pada suhu rendah, bila memungkinkan pada suhu 0°C. Brokoli mengandung zat-zat yang sangat bermanfaat bagi manusia. Di antaranya mengandung vitamin dan mineral yang dapat membantu pencernaan, menetralkan zat asam, mengatasi sembelit karena mengandung serat dan tidak mengandung kolesterol. Pada Tabel 2 dapat dilihat kandungan gizi yang terkandung dalam brokoli.

Tabel 2. Kandungan gizi brokoli per 100 gram

Komposisi	Nilai Gizi
Air	87 ml
Protein	4 gram
Lemak	0.3 gram
Karbohidrat	6 gram
Kalsium	100 m gram
Fe	2 m gram
Vitamin A	100 IU
Thamine	0.15 m gram
Riboflavin	0.2 m gram
Nicotinamide	1 m gram
Ascorbic Acid	80 m gram

Sumber : M.S. Iman Harjono, 1996



B. Penyimpanan Dengan *Modified Atmosphere* (MA)

Penyimpanan dengan kondisi *Modified Atmosphere* (MA) adalah penyimpanan bahan hasil pertanian dengan lingkungan udara yang mempunyai komposisi udara normal, yaitu sesuai dengan pengaturan konsentrasi gas O₂ dan CO₂ sehubungan dengan proses kegiatan pernapasan bahan hasil pertanian. Laju kegiatan pernapasan buah atau sayuran dapat diperlambat dengan cara menaikkan konsentrasi CO₂ dan menurunkan konsentrasi O₂ dalam penyimpanannya. Bertambahnya konsentrasi CO₂ dan berkurangnya konsentrasi O₂ dalam udara lingkungan sayuran akan memperlambat perubahan fisiologi yang berhubungan dengan proses pematangan.

Menurut Llyod Ryall *et. al.* (1982), pemberian sejumlah gas O₂ yang cukup untuk terjadinya proses respirasi di bawah konsentrasi normal di udara dapat memperlambat terjadinya pembusukan dan kehilangan air pada buah dan sayuran.

Sifat-sifat yang berhubungan dengan konsentrasi CO₂ umumnya juga perlu diperhatikan disamping konsentrasi O₂. Dengan mengubah konsentrasi gas O₂ menjadi 3% dari 21% dan meningkatkan konsentrasi CO₂ menjadi 4% dari keadaan normal, buah dan sayuran tidak akan mengalami efek kerusakan dan memperlambat proses pematangan selama beberapa hari (Llyod Ryall *et. al.*, 1982).

Yangyang *et. al.*, (1989) meneliti bahwa penyimpanan tomat dengan *modified atmosphere* dalam kemasan film dapat mempertahankan mutu tomat selama 10 hari pada suhu 10°C dan 20°C dengan tekanan udara yang berbeda dan konsentrasi 8-12% O₂ serta 2-4 % CO₂.

Pada produk pertanian yang lain dilaksanakan secara *modified atmosphere* dengan sengaja membentuk komposisi udara awal. Seno Basuki Rahmat (1990),

melaporkan bahwa salak dapat diperpanjang masa simpannya bila diberi komposisi awal 10% O₂ dan 2% CO₂ dalam kemasan PVC 20 mikron dengan suhu penyimpanan 15°C. Diketahui pula bahwa pada konsentrasi 3-6 % O₂ dan 7-9% CO₂ mampu memperlambat laju penurunan kekerasan buah tomat masak hijau pada suhu 15°C dan 20°C (Hadi K. Purwadaria *et. al.*, 1993).

Menurut Lipton dan Harris (1976) di dalam Llyod Ryall dan Lipton (1983), bahwa brokoli lebih baik disimpan dalam kemasan yang memiliki konsentrasi gas O₂ rendah dan konsentrasi CO₂ tinggi atau dalam kombinasi kedua gas tersebut yang sesuai dan disimpan dalam ruangan yang bersuhu sekitar 5°C. Konsentrasi gas O₂ di bawah 2% akan memperlambat proses pemasakan dan dapat mencegah pembusukan selama penyimpanan. Toleransi brokoli terhadap konsentrasi gas O₂ rendah dan CO₂ tinggi sangat baik sehingga pada konsentrasi O₂ sekitar 1% ± 0.5% lebih optimal. Penyimpanan pada suhu 5°C brokoli dapat mempertahankan mutu selama kurang lebih 3 minggu dan konsentrasi CO₂ sebesar 5-20% proses pemasakan dapat diperlambat selama 3 minggu.

Alison Ballantyne *et. al.* (1988) melaporkan bahwa penyimpanan brokoli dengan sistem *modified atmosphere* (CO₂ tinggi dan O₂ rendah) pada suhu 0 dan 5°C akan mengalami kondisi anaerobik dan diikuti dengan pembusukan setelah 4-5 hari penyimpanan menggunakan plastik PE, dan 6-8 hari dengan menggunakan film PVC. Kondisi optimum untuk penyimpanan brokoli pada suhu 5°C menggunakan film VA adalah kombinasi dari O₂ 2-5% dan CO₂ 3-10% dimana kondisi ini akan tercapai setelah 2-3 hari penyimpanan. Pada kondisi ini kerusakan dan pembusukan akan terjadi setelah 10 hari penyimpanan.

Menurut Chin Yi Wang dan Hruschka (1977) bahwa pada suhu penyimpanan suhu 10°C dengan *modified atmosphere*, brokoli yang tidak dikemas dapat bertahan selama 3 hari dan setelah hari ke-7 bahan akan mulai menguning. Selanjutnya brokoli yang dikemas dalam film tertutup dapat dipertahankan mutunya sampai 14 hari. Pada penyimpanan suhu 20°C brokoli yang tidak dikemas hanya bertahan selama 2 hari dan dengan kemasan tertutup sampai hari ke-2 warna dapat dipertahankan tetapi mengalami kerusakan fisik. Susut bobot yang terjadi pada tingkat suhu penyimpanan yang berbeda, menunjukkan perbedaan yang nyata. Pada penyimpanan suhu 0, 10 dan 20°C susut bobot brokoli yang tidak dikemas masing-masing sebesar 9.8%, 15.0% dan 58.7%.

C. Penyimpanan Dalam Wadah Kemasan

Pengemasan buah-buahan dan sayur-sayuran yang mudah rusak dengan menggunakan film plastik, akan dapat memperpanjang masa simpannya. Film kemasan memberikan lingkungan yang berbeda pada produk yang disimpan karena laju perembesan O₂ ke dalam kemasan dan CO₂ ke luar kemasan sebagai akibat proses respirasi, berbeda-beda tergantung dari jenis dan sifat kemasan yang digunakan. Film plastik memberikan perlindungan pula terhadap kehilangan air pada produk sehingga sampai waktu yang lama produk akan tetap kelihatan segar.

Menurut C. W. Hall, R. E. Handenberg dan Er. B. Pantastico (1989), penggunaan plastik sebagai bahan pengemas memungkinkan banyak ragam kegunaan yang dapat melindungi dan mengawetkan buah-buahan dan sayur-sayuran yang mudah rusak, sehingga dapat memperpanjang masa simpannya.

Laju dari penyerapan gas tergantung dari struktur film permeabel, ketebalan, luas permukaan, suhu, dan perbedaan kandungan gas antara bagian dalam dan luar kemasan. Parameter produk yang mempengaruhi laju penyerapan gas antara lain berat produk yang dikemas, laju kegiatan pernapasan dan volume bebas dalam kemasan. Laju kegiatan pernapasan produk yang dikemas merupakan parameter penting untuk menentukan langkah-langkah optimasi selanjutnya, yaitu untuk mendapatkan lingkungan yang cocok dalam mempertahankan kesegaran.

Dalam bungkus plastik dapat timbul udara termodifikasi yang menguntungkan. Udara yang telah mengalami perubahan itu menghambat pematangan dan memperpanjang masa simpan produk pertanian seperti tomat dan pisang (Pantastico, 1986).

Perlakuan penanganan pasca panen yang baik terhadap brokoli adalah dengan melakukan pendinginan secara bertahap dari 21°C sampai 2°C selama kurang lebih 10 menit dan dikemas dalam kemasan film. Hal ini dapat mencegah terjadinya pembusukan dan kerusakan fisik pada brokoli (Llyod Ryall dan Lipton, 1983).

Secara umum syarat-syarat yang diperlukan untuk suatu kemasan adalah : 1) ukuran bentuk kemasan harus disesuaikan dengan cara penanganan dan pemasaran bahan yang dikemas, 2) bahan kemasan tidak mengandung bahan kimia yang dapat bereaksi dengan bahan yang dikemas atau mengandung racun yang dapat membahayakan konsumen, 3) sifat-sifat permeabilitas kemasan plastik dan laju kegiatan pernapasan bahan yang dikemas diketahui dan 4) biaya kemasan sesuai dengan bahan yang dikemas.

Koefisien permeabilitas film kemasan untuk beberapa tingkat suhu menurut Ida Bagus Putu Gunadya (1993), dapat dilihat pada Tabel 3.

Mulyadi Tubagus (1993) melaporkan bahwa untuk brokoli, kemasan film yang optimum adalah dengan plastik LDPE pada suhu 5°C. Brokoli dalam kemasan ini dapat dipertahankan selama 12 hari.

Tabel 3. Koefisien permeabilitas film kemasan hasil perhitungan dan penetapan dalam satuan ml.mil/m².jam.atm (Gunadya, 1993)

Jenis Film Kemasan	Tebal mil	10°C ^{a)}		15°C ^{a)}		25°C ^{b)}	
		O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂
LDPE	0.99	-	-	-	-	1002	3600
PP	0.61	265	364	294	430	229	656
Stretch Film	0.57	342	888	473	748	4143	6226
WhiteStretch	0.58	226	422	291	412	1464	1470

a) hasil perhitungan

b) hasil penetapan

III. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian, laboratorium Energi dan Elektrifikasi Pertanian pada Jurusan Mekanisasi Pertanian, laboratorium Rekayasa Proses Pangan, Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor.

Penelitian ini dilakukan selama 4 bulan, mulai bulan Maret 1997 sampai dengan bulan Juli 1997.

B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah brokoli segar yang dipanen pada umur 80 - 90 hari. Brokoli ini diperoleh dari seorang petani di Cipanas kabupaten Cianjur, Jawa Barat.

Peralatan yang digunakan antara lain, untuk wadah kemasan terbuat dari *Acrylic flexyglass*, pipa plastik, plastik *stretch film*, penjepit, selotip dan timbangan digital merk metter. Alat yang digunakan untuk mengukur komposisi oksigen dan karbondioksida adalah *cosmotector* tipe XPO-318 dan tipe XP-314 B, untuk pengujian warna digunakan *chromameter* tipe CR-200, dua buah lemari pendingin dengan 2 tingkat suhu, yaitu 5°C dan 10°C.



Gambar 1. Bahan baku brokoli yang digunakan dalam penelitian.

C. Metode Penelitian

1. Tahap Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap yang meliputi :

1. Pemilihan bahan baku brokoli yang seragam dan segar.
2. Penghitungan luas transmisi plastik *stretch film* kemasan brokoli untuk mencapai kondisi optimum *modified atmosphere*. Data laju, komposisi udara optimum dan permeabilitas film kemasan diambil dari pustaka.
3. Pembuatan kemasan brokoli dari hasil penghitungan tahap 2.
4. Pengukuran komposisi oksigen dan karbondioksida dalam kemasan brokoli.
5. Pengujian mutu brokoli dalam kemasan selama penyimpanan yang meliputi susut bobot, perubahan warna dan uji organoleptik.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

2. Bahan Baku

Brokoli hasil dari panen dilakukan sortasi berdasarkan kesegaran, keseragaman ukuran dan bentuk. Tujuan sortasi ini adalah untuk memaksimalkan hasil yang akan diperoleh dan memudahkan penentuan berat brokoli.

3. Penentuan Luas Transmisi Kemasan

Berat brokoli dalam rancangan kemasan ini telah ditentukan, yaitu seberat 0.240 kg. Untuk penentuan luas transmisi kemasan digunakan penghitungan berdasarkan persamaan 1 dan persamaan 2 dari Mannapperumma et al, (1981).

Nilai laju respirasi diambil dari penelitian Mulyadi Tubagus (1993), untuk suhu 5°C oksigennya bernilai 9.606 ml/kg-jam dan nilai karbondioksida 9.493 ml/kg-jam, sedangkan untuk suhu 10°C nilai laju respirasi oksigen sebesar 10.625 ml/kg-jam dan nilai karbondioksida sebesar 11.311 ml/kg-jam.

Untuk mendapatkan luas transmisi kemasan digunakan nilai permeabilitas plastik *stretch film* berdasarkan hasil penelitian Ida Bagus Putu Gunadya (1993).

Nilai permeabilitas plastik *stretch film* pada suhu 10°C untuk oksigen 342 ml-mil/m²-jam-atm dan untuk karbondioksida sebesar 888 ml-mil/m²-jam-atm.

4. Kemasan Brokoli

Wadah kemasan yang digunakan berbentuk kotak segi empat yang terbuka bagian atasnya untuk plastik *stretch film*, dan sisi-sisinya terbuat dari *acrylic flexyglass* dengan ketebalan 3 mm. Bagian samping kemasan terdapat 2 lubang yang digunakan untuk mengukur komposisi oksigen dan karbondioksida.

Luas permukaan transmisi hasil penghitungan sebesar 0.0250 m^2 dengan ukuran kotak panjang x lebar x tinggi adalah $14.7 \text{ cm} \times 17 \text{ cm} \times 11 \text{ cm}$ dan digunakan luasan pembeding sebesar 0.0249 m^2 dan 0.0248 m^2 . Masing-masing ukuran adalah $16.6 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 11 \text{ cm}$ dan $16 \text{ cm} \times 15.5 \text{ cm} \times 11 \text{ cm}$. Ketiga kemasan tersebut diisi brokoli dengan berat yang sama, yaitu 0.240 kg .

Untuk mengetahui volume bebas kemasan dilakukan dengan cara mengurangi volume wadah kemasan dengan volume bahan. Volume bahan diperoleh dengan memasukkan brokoli kedalam gelas ukur yang berisi air, yaitu sebesar 240 ml . Volume bebas untuk luasan 0.0248 m^2 adalah 2488 ml , luasan 0.0249 m^2 sebesar 2499 ml , dan untuk luasan 0.025 m^2 sebesar 2510 ml .

5. Pengukuran Konsentrasi O_2 dan CO_2

Brokoli yang sudah dipilih, dikemas dan dimasukkan ke dalam lemari pendingin dengan tingkat suhu 5°C dan 10°C agar tetap segar dan dapat bertahan lama. Diharapkan setelah brokoli dimasukkan ke dalam kemasan akan terjadi kesetimbangan gas akibat proses respirasi di dalamnya dan mencapai kondisi optimum. Menurut hasil penelitian Mulyadi Tubagus (1993), kondisi optimum MA untuk brokoli adalah $4-7 \% \text{ O}_2$ dan $7-12 \% \text{ CO}_2$. Dari luasan kemasan yang digunakan akan dilakukan pengujian mutu brokoli untuk menentukan umur simpannya. Pengamatan dilakukan hingga mencapai kondisi kesetimbangan gas didalam kemasan brokoli dengan ulangan sebanyak tiga kali.



6. Pengujian Mutu Brokoli

Pengujian mutu brokoli meliputi; susut bobot, kerenyahan, perubahan warna dan uji organoleptik.

a. Susut Bobot

Pengukuran susut bobot dilakukan dengan menimbang kembali brokoli pada akhir penyimpanan dan dibandingkan dengan bobot awal sebelum penyimpanan.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung susut bobot adalah:

$$\text{Susut bobot} = \frac{b - a}{a} \times 100 \text{ (g/100g)}$$

dimana:

a = berat awal bahan

b = berat akhir bahan

b. Uji Perubahan Warna

Pengukuran perubahan warna dilakukan dengan menggunakan alat chromameter tipe CR-200, dan diukur pada hari ke-0, 4, 8, 12, dan hari ke-16. Pengukuran dilakukan dengan cara menempelkan alat sensor pada brokoli dan menembakkan sinar pada permukaan brokoli. Uji warna yang dilakukan meliputi ; tingkat kecerahan bahan (L), nilai b (kuning), dan nilai a (hijau), nilai metric hue (h), metric croma (C), dan beda warna (dE*ab). Persamaan yang digunakan adalah :

$$C = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$h = \tan^{-1}(b/a)$$

$$dE^*ab = \sqrt{[(L_0 - L_1)^2 + (a_0 - a_1)^2 + (b_0 - b_1)^2]}$$

c. Uji Organoleptik

Uji ini dilakukan untuk membandingkan brokoli dari masing-masing kemasan.

Uji yang dilakukan adalah uji hedonik (uji kesukaan). Panelis dalam uji ini memberikan nilai hedonik untuk setiap brokoli dalam kemasan untuk suhu 5°C dan suhu 10°C. Parameter yang digunakan meliputi; bau dan kesegaran brokoli.

Untuk skala hedonik adalah :

1 = sangat tidak suka

2 = tidak suka

3 = agak suka

4 = suka

5 = sangat suka

D. Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan untuk menentukan umur simpan yang optimum adalah rancangan acak kelompok dengan perlakuan yang terdiri dari suhu dengan dua taraf, suhu 5° dan suhu 10°C dan luasan transmisi dengan tiga taraf ; 0.0248 m², 0.0249 m², dan 0.0250 m², lama penyimpanan dengan dua taraf ; 0 jam dan 6 jam. Rancangan percobaan ini dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$$

dimana :

Y_{ijkl} = nilai hasil pengukuran ke-l akibat pengaruh bersama taraf ke-i faktor A, taraf ke-j faktor B dan taraf ke-k faktor C

μ = nilai tengah

A_i = pengaruh taraf ke-i faktor A

B_j = pengaruh taraf ke-j faktor B

C_k = pengaruh taraf ke-k faktor C

$(AB)_{ij}$ = pengaruh interaksi taraf ke-i faktor A dan taraf ke-j faktor B

$(AC)_{ik}$ = pengaruh interaksi taraf ke-i faktor A dan taraf ke-k faktor C

$(BC)_{jk}$ = pengaruh interaksi taraf ke-j faktor B dan taraf ke-k faktor C

$(ABC)_{ijk}$ = pengaruh interaksi taraf ke-i faktor A, taraf ke-j faktor B dan taraf ke-k faktor C

ϵ_{ijk} = pengaruh sisa perlakuan ke-l dalam kombinasi perlakuan (ijk)



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rancangan Kemasan

Penyimpanan buah-buahan dan sayur-sayuran dalam film permeabel merupakan sistem dinamis dimana terjadi dua proses yang bersamaan yaitu proses respirasi serta proses perembesan gas O_2 dan CO_2 ke dalam dan ke luar kemasan. Oksigen secara terus menerus digunakan oleh bahan untuk kegiatan respirasi dan menghasilkan gas CO_2 , akibatnya terjadi perbedaan konsentrasi gas O_2 antara bagian dalam dan luar kemasan sehingga gas O_2 akan merembes ke dalam kemasan, dan kandungan CO_2 dalam kemasan akan bertambah dan pada waktu yang bersamaan akan merembes ke luar kemasan (Kader, 1985).

Menurut Mannapperumma dan Singh (1990), apabila produk dikemas dengan bahan yang tidak permeabel, maka akan terjadi respirasi anaerob akibat berkurangnya oksigen dan terjadinya akumulasi karbondioksida. Sebaliknya bila permeabilitas gas sangat tinggi, maka efek MA dalam kemasan hampir tidak terjadi sehingga tujuan untuk memperpanjang umur simpan bahan tidak tercapai. Perembesan gas melalui film permeabel dapat digambarkan sebagai keseimbangan massa dari komponen gasnya, yaitu keseimbangan konsentrasi oksigen dan karbondioksida. Parameter yang berpengaruh dalam proses perembesan oksigen dan karbondioksida adalah berat bahan, laju respirasi dan volume bebas dalam kemasan (Deily dan Rizvi, 1981).

Dalam persamaan keseimbangan Mannapperumma et al, (1989), dapat dihitung rancangan kemasan berupa berat buah-buahan atau sayuran dan luas transmisi permukaan kemasan.

Persamaan tersebut adalah :

$$WR1 = P1.A \frac{(C1-X1)}{b} \dots \dots \dots (1)$$

$$WR2 = P2.A \frac{(X2-C2)}{b} \dots \dots \dots (2)$$

dimana :

W = berat bahan (kg)

R1 = laju respirasi konsentrasi oksigen (ml/kg-jam)

R2 = laju respirasi konsentrasi karbondioksida (ml/kg-jam)

P1 = permeabilitas kemasan untuk oksigen (ml-mil/m²-jam-atm)

P2 = permeabilitas kemasan untuk karbondioksida (ml-mil/m²-jam-atm)

A = luas kemasan (m²)

C1 = komposisi udara normal untuk oksigen (%)

C2 = komposisi udara normal untuk karbondioksida (%)

X1 = komposisi udara dalam kemasan untuk oksigen (%)

X2 = komposisi udara dalam kemasan untuk karbondioksida (%)

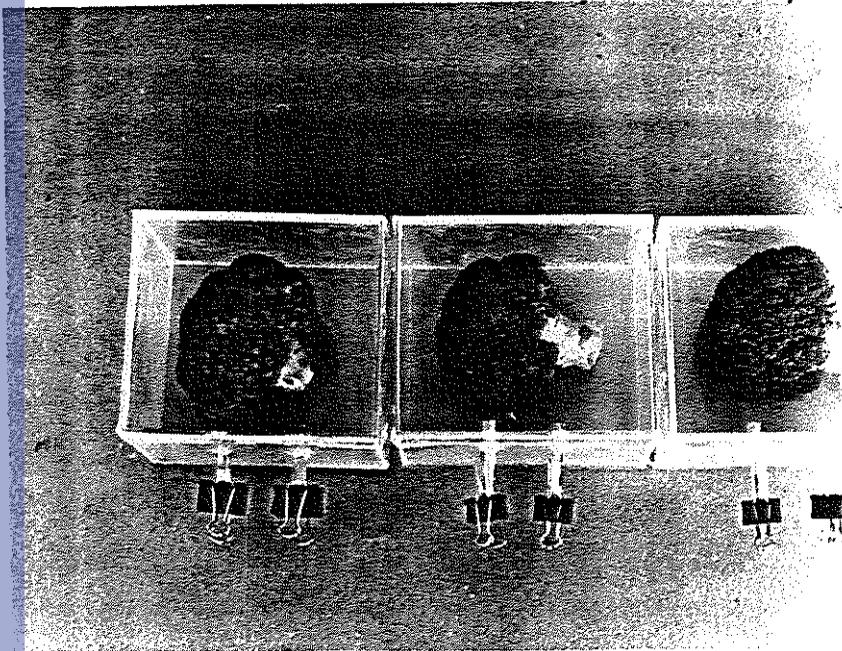
b = tebal kemasan (mil)

B. Desain Kemasan Brokoli

Hasil rancangan kemasan brokoli berdasarkan penghitungan luas transmisi plastik *stretch film* sebesar 0.0250 m², dengan wadah kemasan berupa kotak berukuran panjang x lebar x tinggi adalah 14.7 cm x 17 cm x 11 cm. Nilai tersebut diperoleh dari data laju respirasi brokoli pada suhu 10°C, yaitu untuk oksigen sebesar 10.625 ml/kg-jam dan karbondioksida sebesar 11.311 ml/kg-jam (Mulyadi, 1993).

Sedangkan permeabilitas plastik *stretch film* untuk oksigen sebesar 342 ml-mil/m²-jam-atm dan karbondioksida sebesar 888 ml-mil/m²-jam-atm (Gunadya, 1993). Penghitungan luas transmisi kemasan dapat dilihat pada Lampiran 2.

Untuk luasan transmisi sebagai pembanding, digunakan *stretch film* 0.0248 m² dan 0.0249 m², sedangkan berat brokoli yang diisikan ke dalam kemasan tidak diubah-ubah, yakni sebesar 0.240 kg. Bentuk desain kemasan hasil penghitungan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



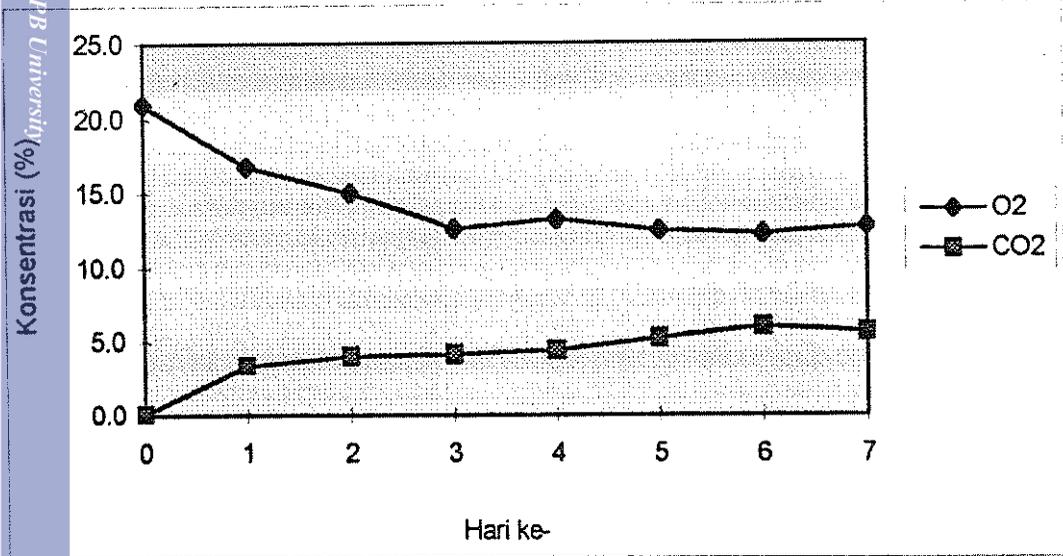
Gambar 2. Desain kemasan yang digunakan dalam percobaan dari pandangan atas.

C. Komposisi Konsentrasi O₂ dan CO₂

Komposisi konsentrasi oksigen dan karbondioksida dalam kemasan diharapkan sesuai dengan kondisi optimum hasil penelitian Mulyadi Tubagus (1993), yaitu 4-7% oksigen dan 7-12% karbondioksida.

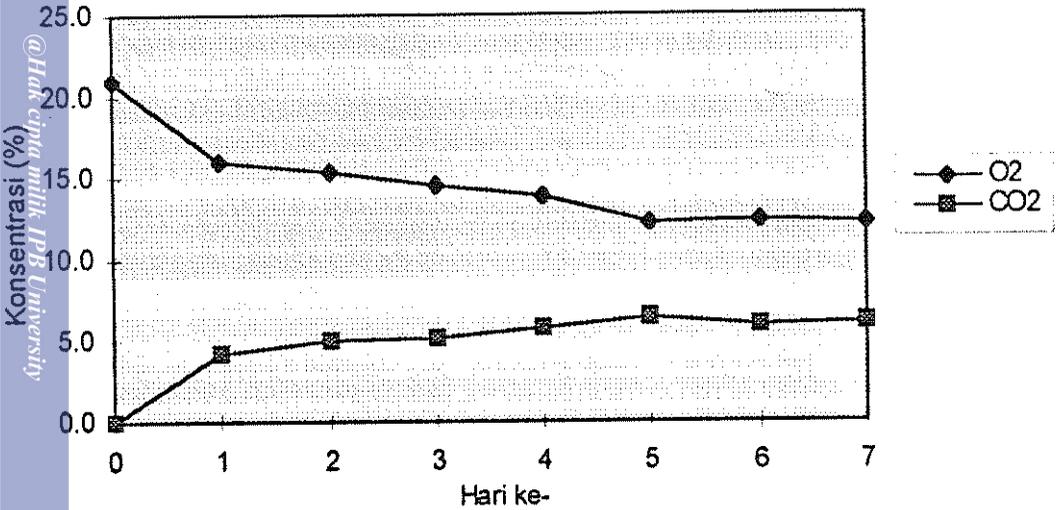
Hasil pengukuran kemasan pada suhu 5°C dapat dilihat pada Gambar 3, 4, dan Gambar 5. Dari gambar grafik tersebut untuk masing-masing kemasan ternyata tidak

tercapai kondisi optimum. Sedangkan hasil pengukuran kemasan pada suhu 10°C dapat dilihat pada Gambar 5, 6, dan Gambar 7, kondisi optimum yang diharapkan juga tidak tercapai.

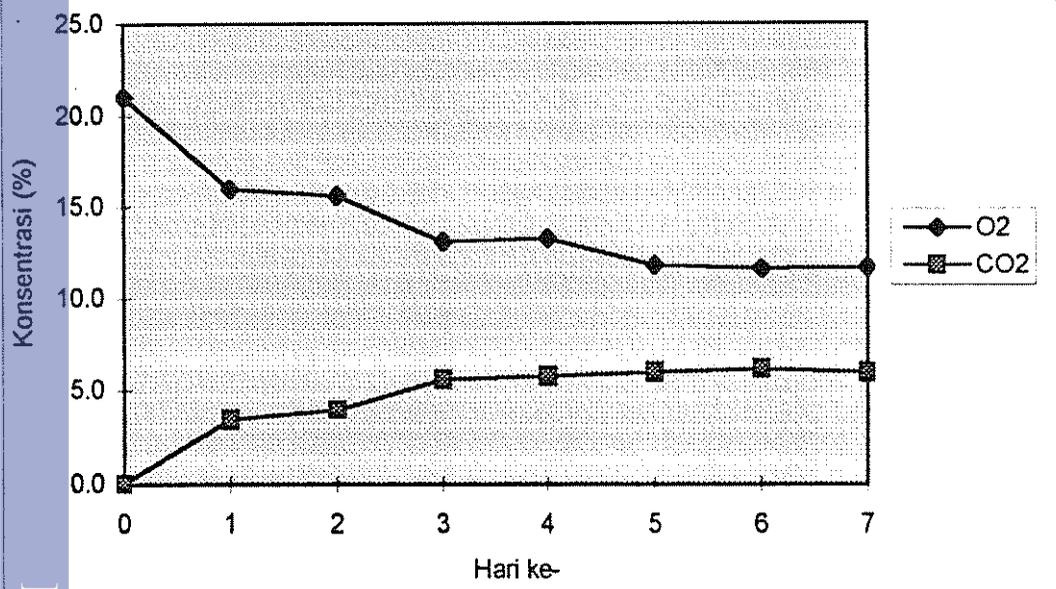


Gambar 3. Grafik perubahan komposisi konsentrasi O₂ dan CO₂ yang dikemas dengan *stretch film* 0.0248 m² pada suhu 5°C.

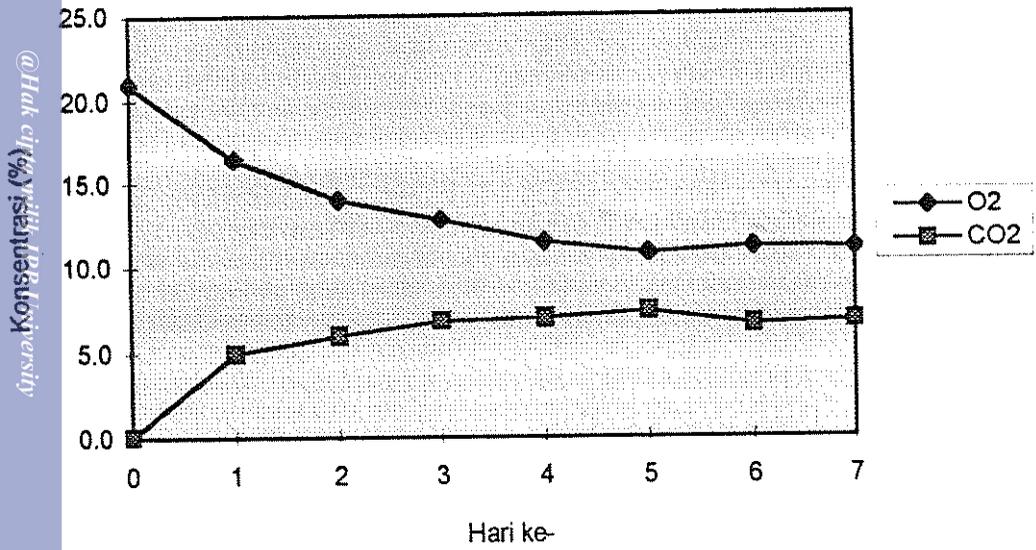
Untuk mempercepat tercapainya kondisi optimum, maka kemasan brokoli sebelum dimasukkan ke dalam lemari pendingin terlebih dulu disimpan selama 6 jam pada suhu kamar. Hal ini dilakukan berdasarkan penelitian Yangyang Setiawan (1986), bahwa setiap peningkatan 10°C, maka laju respirasi akan meningkat dua kali lipat. Penyimpanan ini juga berdasarkan hasil penelitian Mulyadi Tubagus (1993) pada suhu kamar, perubahan konsentrasi brokoli pada penyimpanan 6 jam untuk oksigen 14% dan karbondioksida 6%. Selain itu penyimpanan pada suhu ruang ini dilakukan secepat mungkin agar brokoli tidak cepat membusuk.



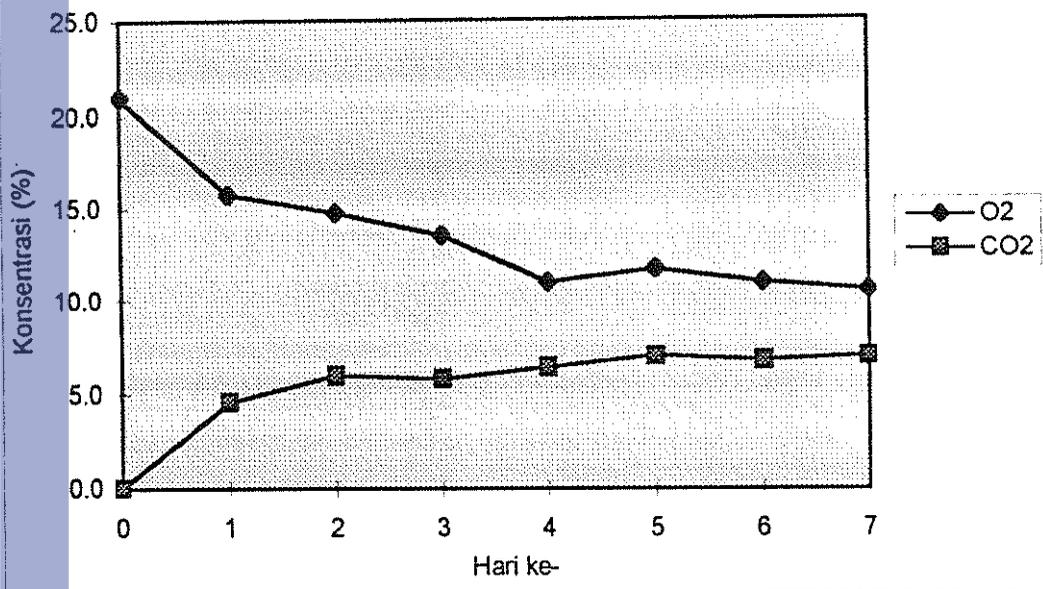
Gambar 4. Grafik perubahan komposisi konsentrasi O₂ dan CO₂ yang dikemas dengan *stretch film* 0.0249 m² pada suhu 5°C.



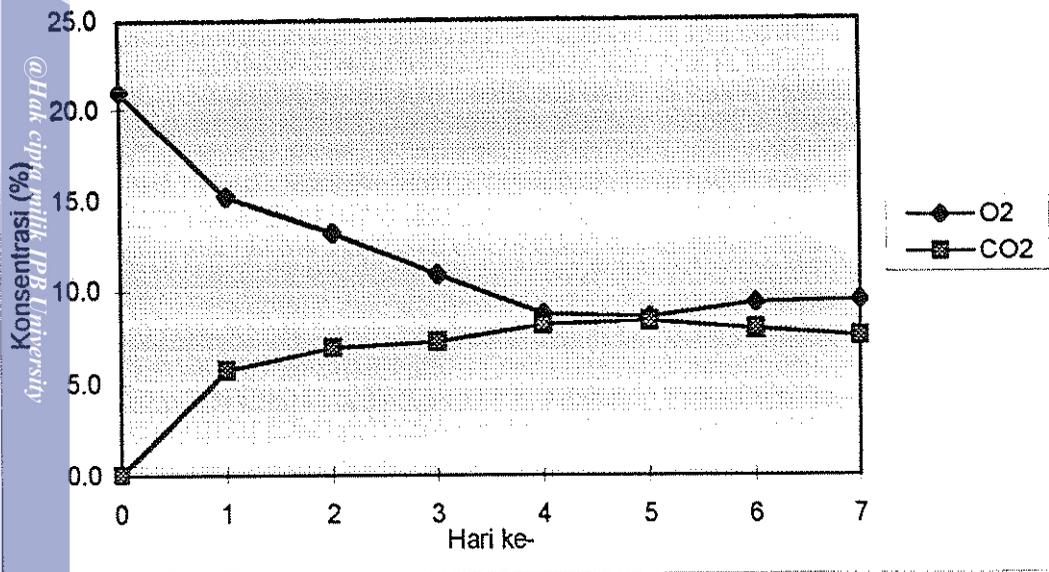
Gambar 5. Grafik perubahan komposisi konsentrasi O₂ dan CO₂ yang dikemas dengan *stretch film* 0.0250 m² pada suhu 5°C.



Gambar 6. Grafik perubahan komposisi konsentrasi O₂ dan CO₂ yang dikemas dengan *stretch film* 0.0248 m² pada suhu 10°C.



Gambar 7. Grafik perubahan komposisi konsentrasi O₂ dan CO₂ yang dikemas dengan *stretch film* 0.0249 m² pada suhu 10°C.



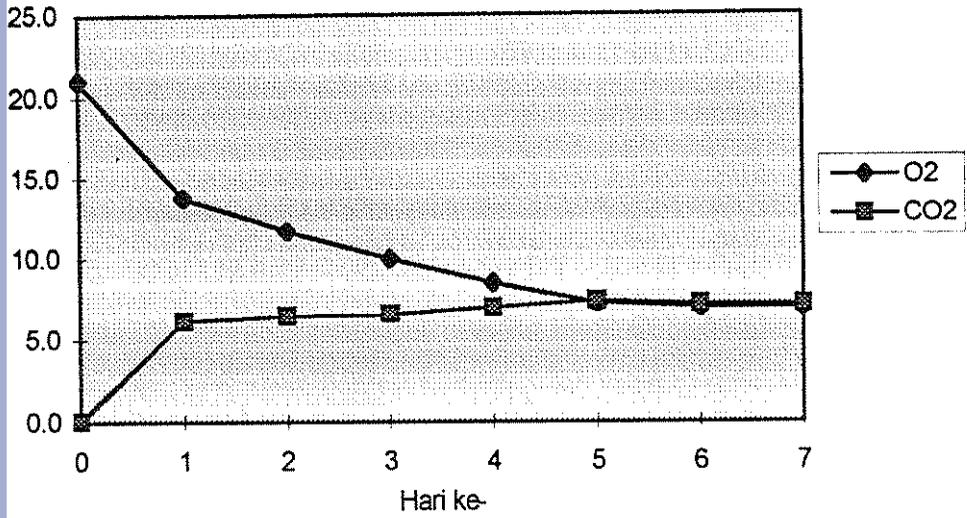
Gambar 8. Grafik perubahan komposisi konsentrasi O₂ dan CO₂ yang dikemas dengan *stretch film* 0.0250 m² pada suhu 10°C.

Hasil pengukuran untuk suhu 5°C setelah disimpan lebih dulu selama 6 jam pada suhu kamar, dapat dilihat pada Gambar 9, 10 dan Gambar 11. Dari ketiga kemasan brokoli, masing-masing kemasan dapat mencapai kondisi optimum yang diharapkan. Untuk kemasan dengan luas *stretch film* 0.0248 m² dan 0.0249 m², dapat tercapai kondisi optimum pada hari ke-5. Sedangkan kemasan dengan luas *stretch film* 0.0250 m², mencapai kondisi optimum pada hari ke-4.

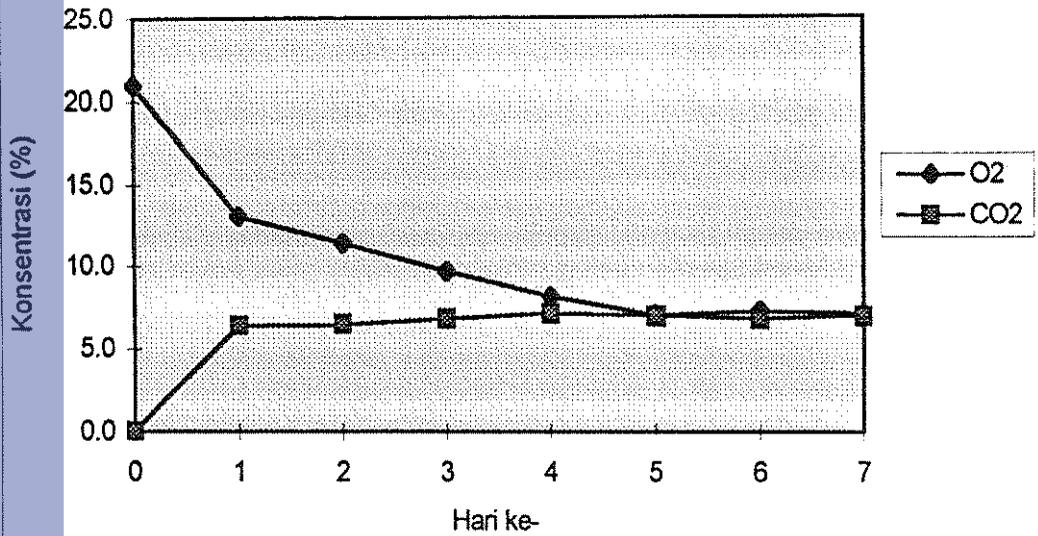
Hasil pengukuran untuk suhu 10°C yang disimpan terlebih dahulu selama 6 jam pada suhu kamar, dapat dilihat pada Gambar 12, 13 dan Gambar 14. Kemasan dengan luas *stretch film* 0.0248 m² dan 0.0249 m² mencapai kondisi optimum pada hari ke-4, sedangkan untuk luas *stretch film* 0.0250 m² kondisi optimum tercapai pada hari ke-3.



@Hak (%) isatjusnusUniversity



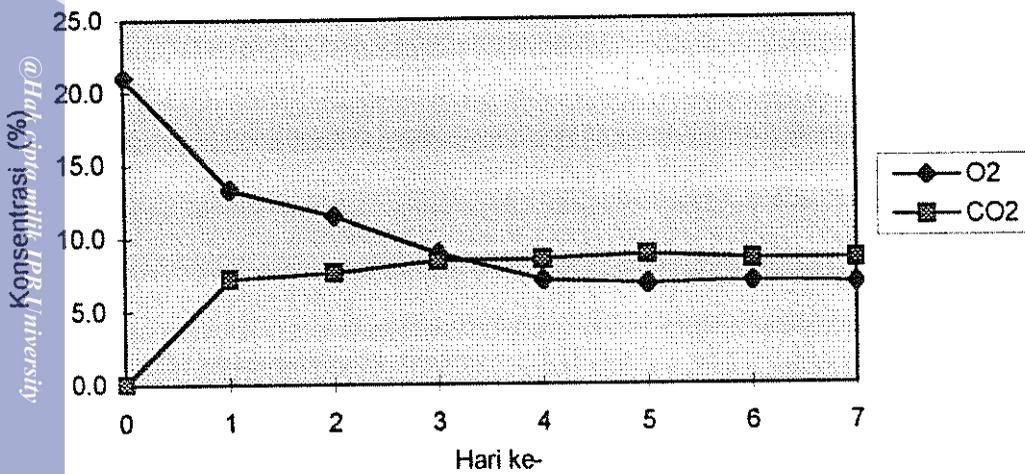
Gambar 9. Grafik perubahan komposisi konsentrasi O₂ dan CO₂ yang dikemas stretch film 0.0248 m² pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar.



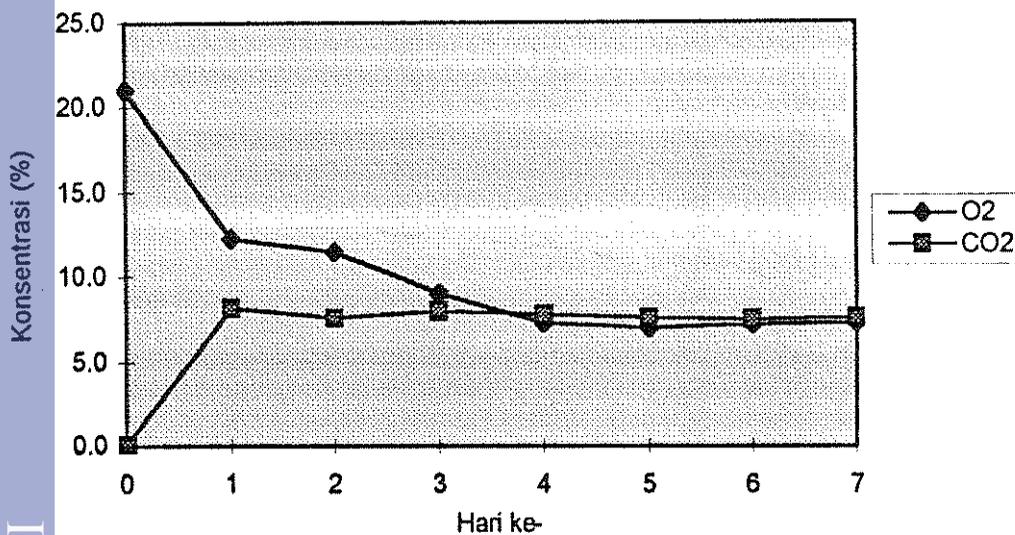
Gambar 10. Grafik perubahan komposisi konsentrasi O₂ dan CO₂ yang dikemas stretch film 0.0249 m² pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau thajuan suatu masalah
 - Pengutipan tidak mengikis kepentingan yang wajar IPB University.
- Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

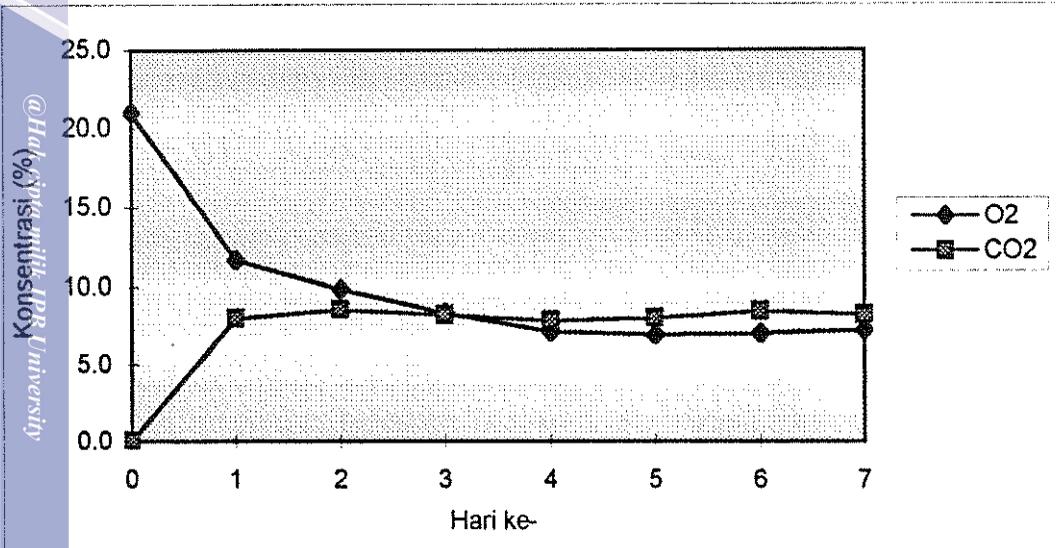


Gambar 11. Grafik perubahan komposisi konsentrasi O₂ dan CO₂ yang dikemas *stretch film* 0.025 m² pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar.

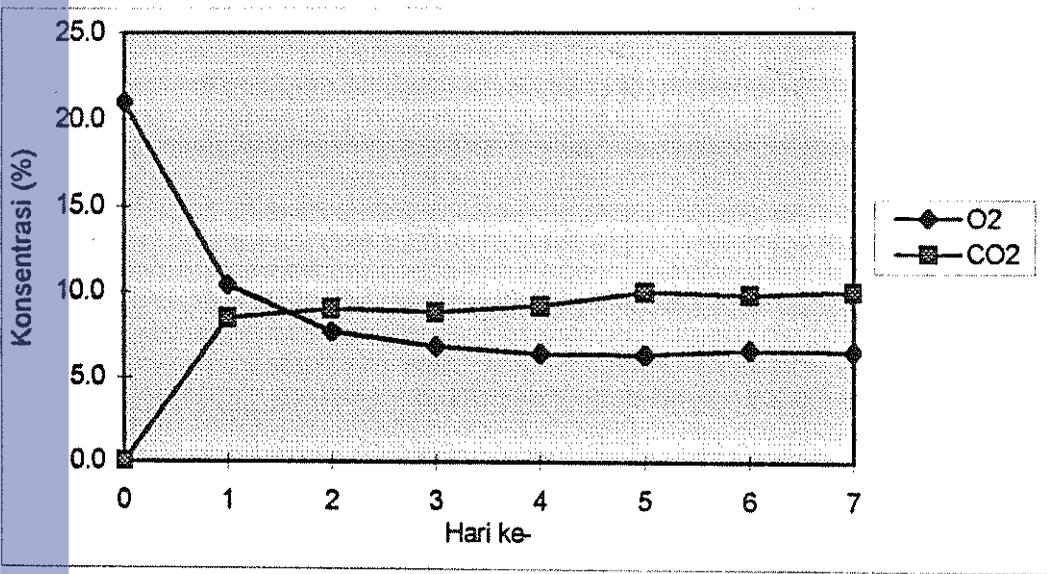


Gambar 12. Grafik perubahan komposisi konsentrasi O₂ dan CO₂ yang dikemas *stretch film* 0.0248 m² pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar.





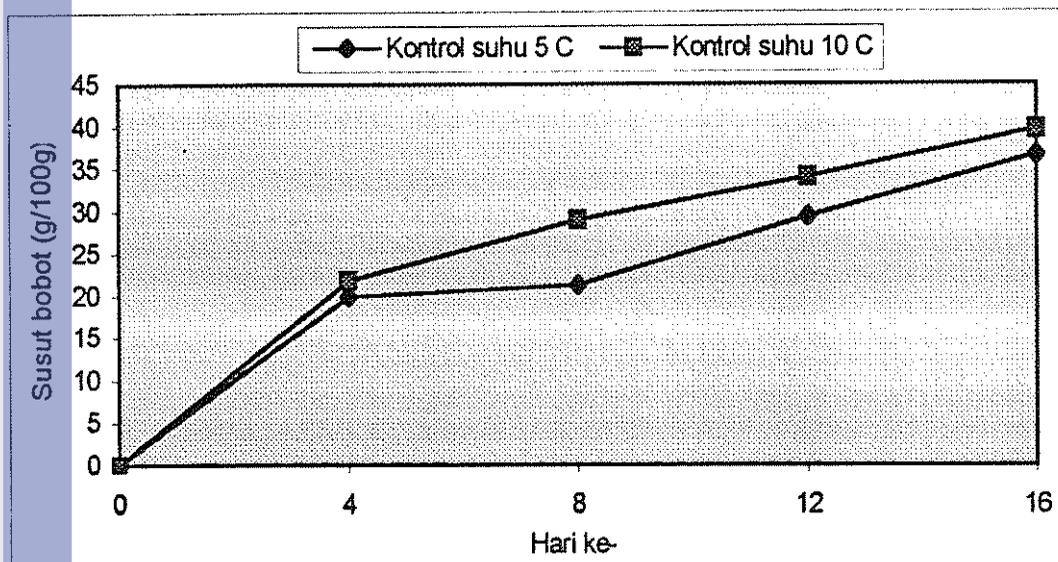
Gambar 13. Grafik perubahan konsentrasi komposisi O₂ dan CO₂ yang dikemas stretch film 0.0249m² pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar.



Gambar 14. Grafik perubahan komposisi konsentrasi O₂ dan CO₂ yang dikemas stretch film 0.0250 m² pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar.

D. Susut Bobot

Pengamatan susut bobot brokoli dilakukan selama 16 hari pada semua kemasan dan kontrol (brokoli tanpa kemasan). Penurunan susut bobot brokoli yang terjadi pada kontrol dengan suhu 5°C sebesar 36.62 g/100g, sedangkan untuk suhu 10°C sebesar 39.75 g/100g. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian Mulyadi (1993), nilai susut bobot kontrol pada suhu 5°C sebesar 36.25 g/100g dan untuk suhu 10°C sebesar 46.02 g/100g. Kondisi susut bobot untuk kontrol tersebut ditunjukkan pada gambar 15.

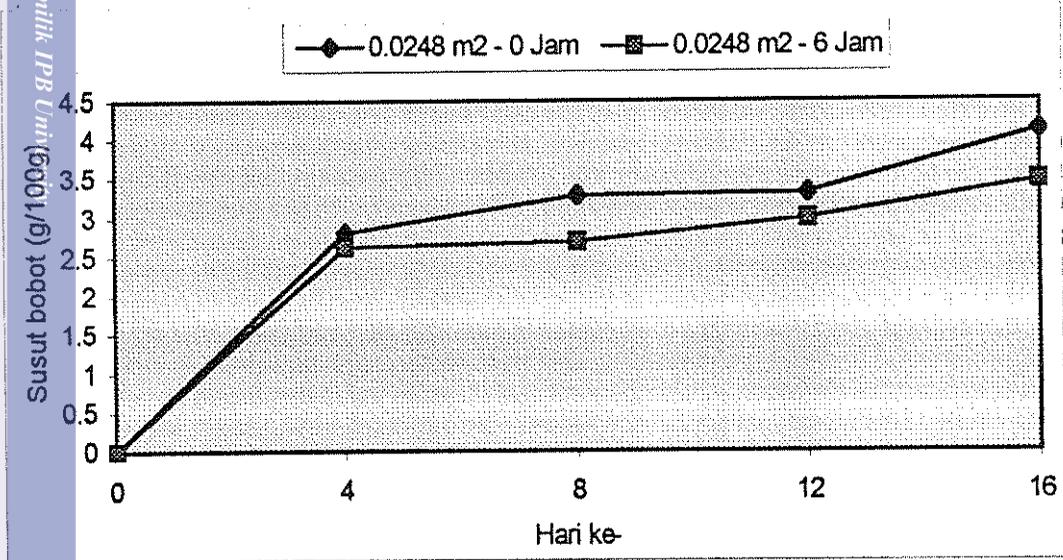


Gambar 15. Grafik susut bobot brokoli tanpa kemasan pada suhu 5°C dan 10°C.

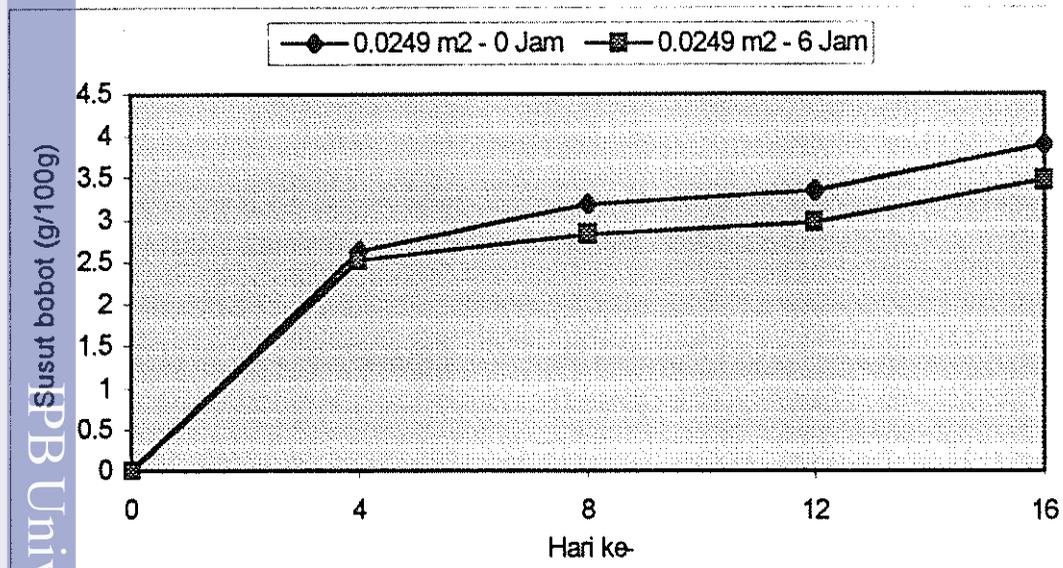
Susut bobot brokoli yang dikemas pada suhu 5°C tidak menunjukkan perbedaan susut yang besar, begitu juga dengan brokoli yang disimpan pada suhu 10°C. Untuk penyimpanan suhu 5°C pada hari ke 16, susut bobot terkecil terdapat pada kemasan *stretch film* 0.0250 m² dengan penyimpanan 6 jam pada suhu kamar, yaitu sebesar

sebesar 3.40 g/100g. Susut bobot brokoli pada suhu 5°C dapat dilihat dalam Gambar 16, 17 dan Gambar 18.

Hak cipta milik IPB University

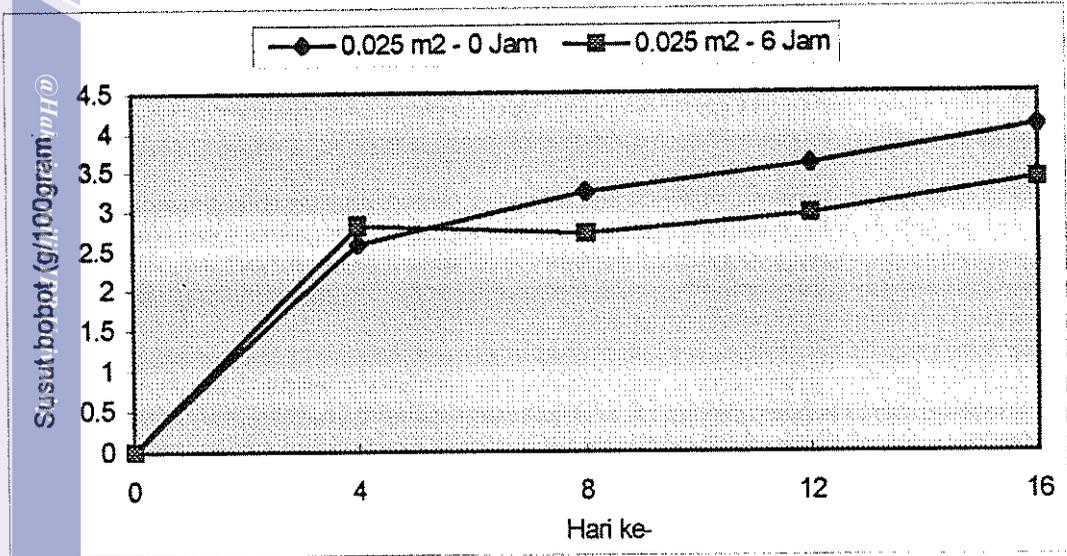


Gambar 16. Grafik susut bobot brokoli yang dikemas dengan *stretch film* 0.0248 m² pada suhu 5°C.



Gambar 17. Grafik susut bobot brokoli yang dikemas dengan *stretch film* 0.0249 m² pada suhu 5°C.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau thajuan suatu masalah
b. Pengutipan tidak mengizinkan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



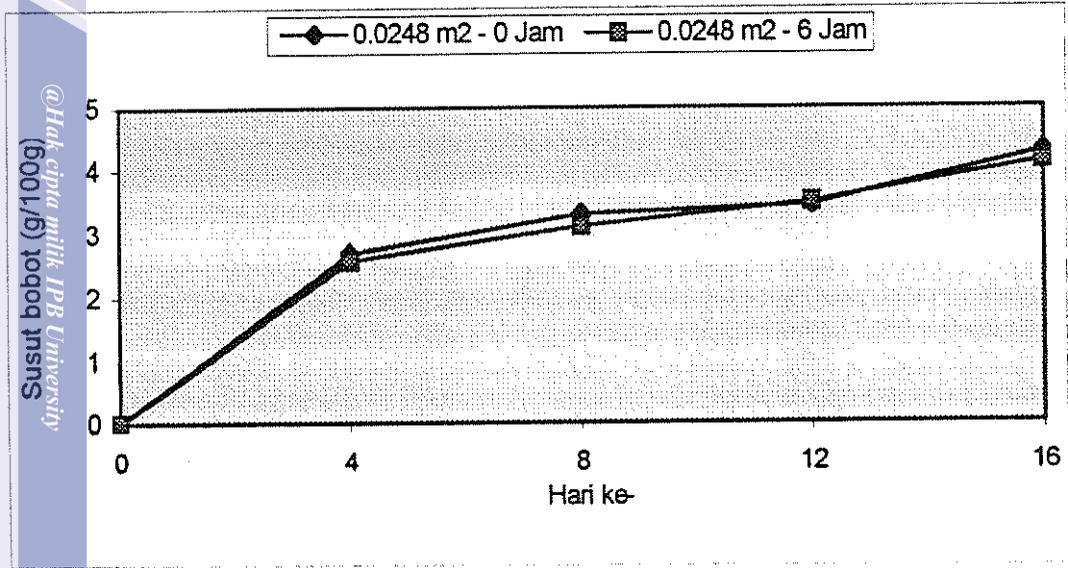
Gambar 18. Grafik susut bobot brokoli yang dikemas dengan *stretch film* 0.0250 m² pada suhu 5°C.

Susut bobot brokoli terkecil untuk penyimpanan suhu 10°C pada hari ke 16 terdapat pada kemasan *stretch film* 0.0250 m² dengan perlakuan awal disimpan selama 6 jam pada suhu kamar. Susut bobot brokoli pada suhu 10°C dapat dilihat dalam Gambar 19, 20 dan Gambar 21.

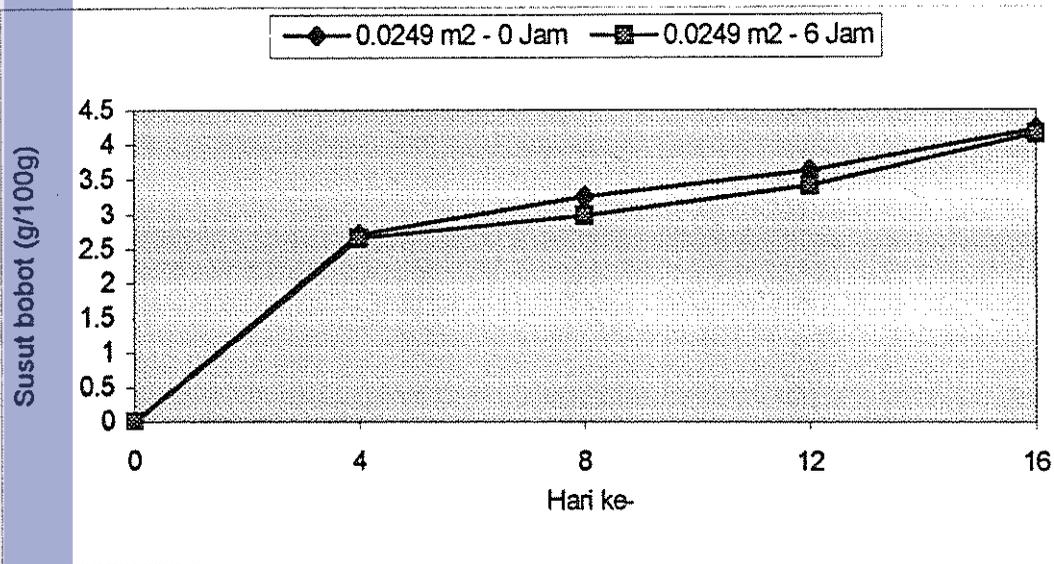
Berdasarkan analisis keragaman yang dilakukan terhadap susut bobot brokoli, diperoleh hasil bahwa suhu dan lama penyimpanan berpengaruh sangat nyata dengan selang kepercayaan 99%. Untuk interaksi antara suhu dan lama penyimpanan berpengaruh nyata terhadap susut bobot dengan selang kepercayaan 95%.



@Hak cipta milik IPB University
(Susut bobot 1000g)

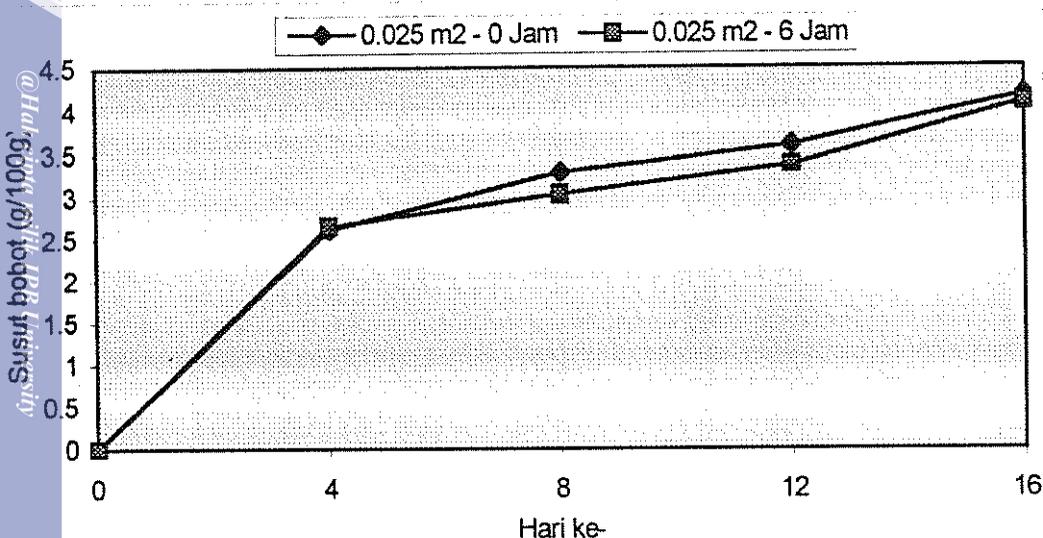


Gambar 19. Grafik susut bobot brokoli yang dikemas dengan *stretch film* 0.0248 m² pada suhu 10°C.



Gambar 20. Grafik susut bobot brokoli yang dikemas dengan *stretch film* 0.0249 m² pada suhu 10°C.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak mengizinkan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



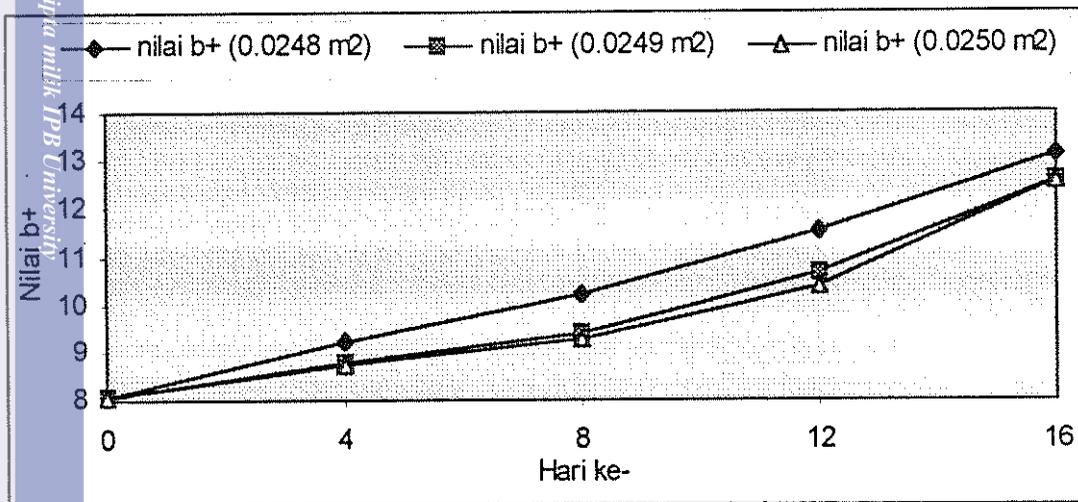
Gambar 21. Grafik susut bobot brokoli yang dikemas dengan *stretch film* 0.0250 m² pada suhu 10°C.

E. Perubahan Warna

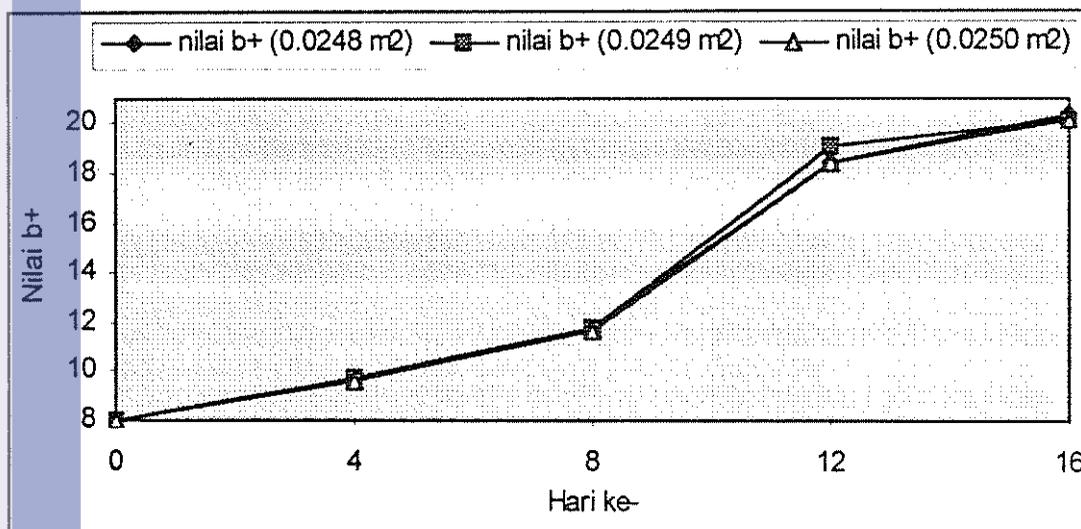
Pengujian terhadap perubahan warna dilakukan untuk mengetahui mutu brokoli selama penyimpanan. Nilai uji warna diperoleh dengan membandingkan perubahan warna brokoli sebelum penyimpanan dengan brokoli yang disimpan pada suhu 5°C dan 10°C dengan perlakuan awal disimpan selama 6 jam suhu kamar. Nilai uji warna ini meliputi ; tingkat kecerahan (L), nilai b+ (kuning), nilai a- (hijau), nilai metric hue (H), metric croma (C), dan beda warna (dE*ab).

Pada penyimpanan dengan suhu 5°C dan suhu 10°C, nilai kecerahan (L) semakin meningkat sejalan dengan lamanya penyimpanan brokoli. Nilai terbesar perubahan kecerahan ini terjadi pada penyimpanan dengan suhu 10°C. Perubahan nilai b+ (kuning), juga terjadi peningkatan pada hari ke-0 sampai hari ke-16, dan

perubahan terbesar terdapat pada brokoli yang disimpan pada suhu 10°C. Perubahan nilai b+ ini dapat dilihat pada Gambar 22 dan Gambar 23.



Gambar 22. Perubahan nilai b+ (kuning) brokoli pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam suhu kamar.



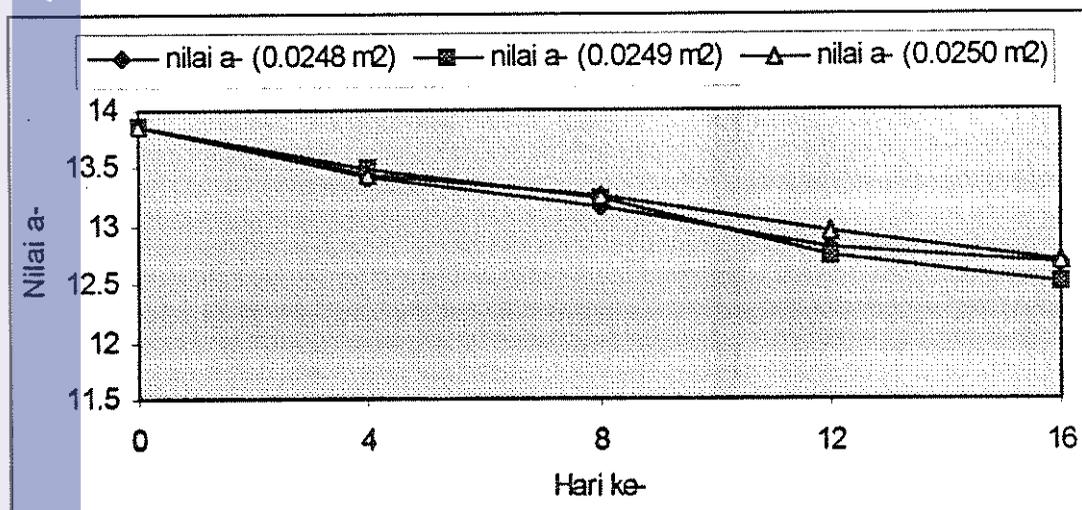
Gambar 23. Perubahan nilai b+ (kuning) brokoli pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam suhu kamar.

Hak cipta milik IPB University

IPB University

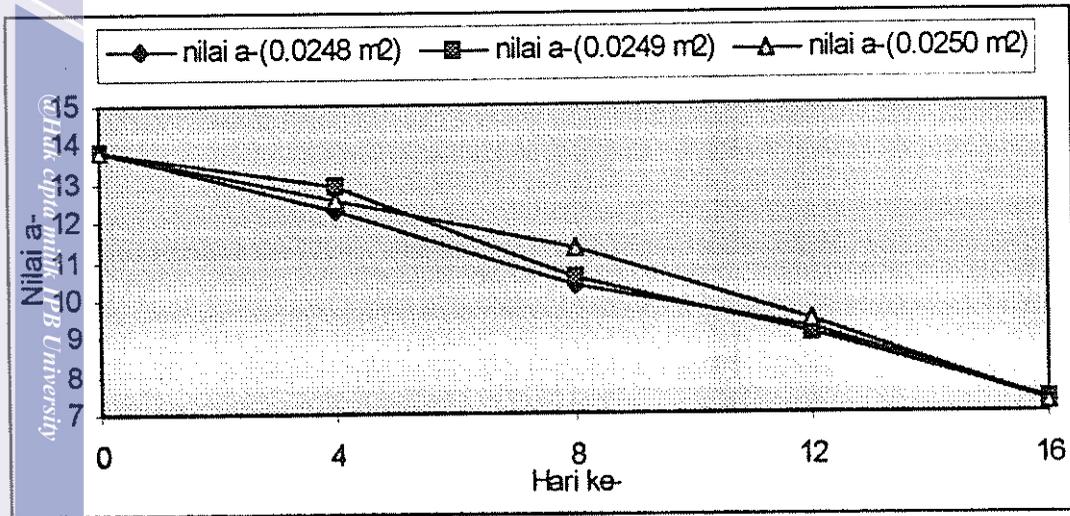
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak mengizinkan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Untuk perubahan nilai a' (hijau), terjadi penurunan selama 16 hari penyimpanan. Perubahan terkecil nilai a' ini terdapat pada brokoli yang dikemas dengan *stretch film* 0.0250 m² pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan selama 6 jam suhu kamar. Perubahan nilai a' ini dapat dilihat dalam Gambar 24 dan Gambar 25.



Gambar 24. Perubahan nilai a' (hijau) brokoli pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam suhu kamar.

Nilai metric hue (H) merupakan ukuran sudut bagi warna tertentu. Untuk warna kuning bernilai 90°. Dari hasil penelitian terlihat bahwa nilai yang terbesar untuk warna kuning adalah brokoli yang disimpan pada suhu 10°C, yaitu sekitar 70°. Untuk nilai metric croma (C), semakin lama penyimpanan yang dilakukan nilai ini juga semakin meningkat. Peningkatan terbesar terjadi pada penyimpanan suhu 10°C, yaitu bernilai sekitar 21.38 - 21.61. Nilai beda warna (ΔB^*ab) terbesar yang terjadi terdapat pada penyimpanan brokoli dengan suhu 10°C, pada hari ke-12.



Gambar 25. Perubahan nilai a- (hijau) brokoli pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam suhu kamar.

F. Uji Organoleptik

Uji organoleptik digunakan untuk mengetahui mutu brokoli yang disimpan pada suhu 5°C dan suhu 10°C. Uji ini berupa uji hedonik atau uji kesukaan dari panelis yang meliputi bau dan kesegaran brokoli.

1. Bau Brokoli

Pada penyimpanan dengan suhu 5°C yang ditunjukkan dalam Gambar 26, brokoli tanpa kemasan oleh panelis diberikan nilai 4.10 (suka) pada hari ke-0 menjadi 1.95 (tidak suka) pada hari ke-16. Sedangkan untuk semua brokoli dalam kemasan panelis memberikan nilai pada hari ke-0 sebesar 4.10 (suka) menjadi sekitar 3.40-3.56 (antara agak suka dan suka) pada hari ke-16.

Dalam Gambar 38, diperlihatkan bahwa untuk penyimpanan dengan suhu 10°C, panelis memberikan nilai 1.10, yang berarti panelis sangat tidak suka terhadap bau brokoli kondisi kontrol pada hari ke-16. Dan untuk semua brokoli dengan kemasan diberikan nilai 2.00-2.10 (tidak suka) pada hari ke-16.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

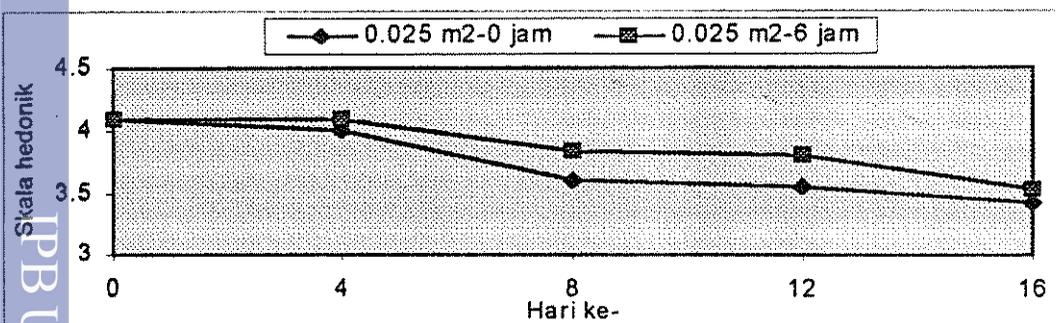
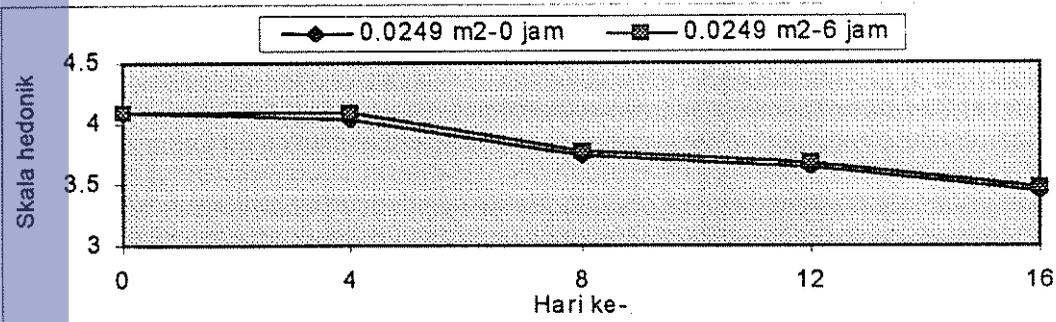
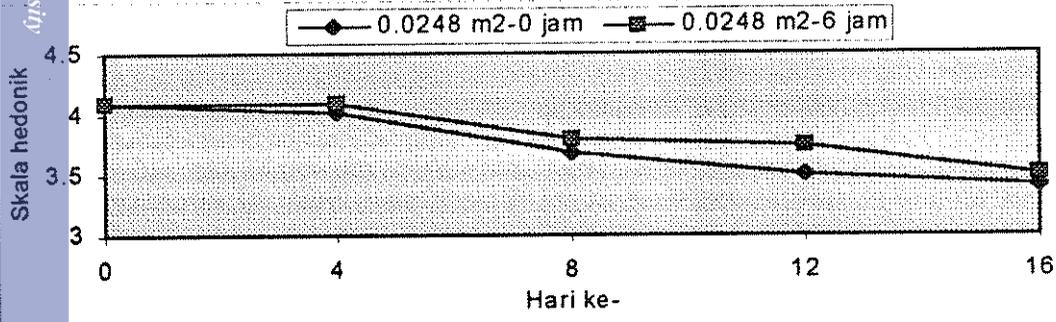
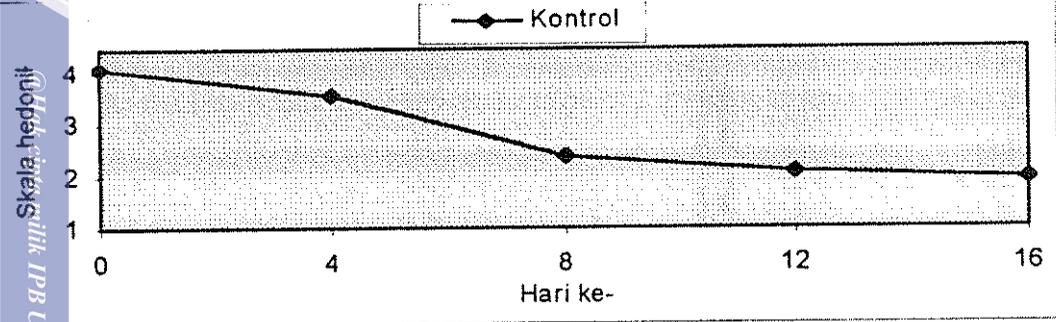
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak mengizinkan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



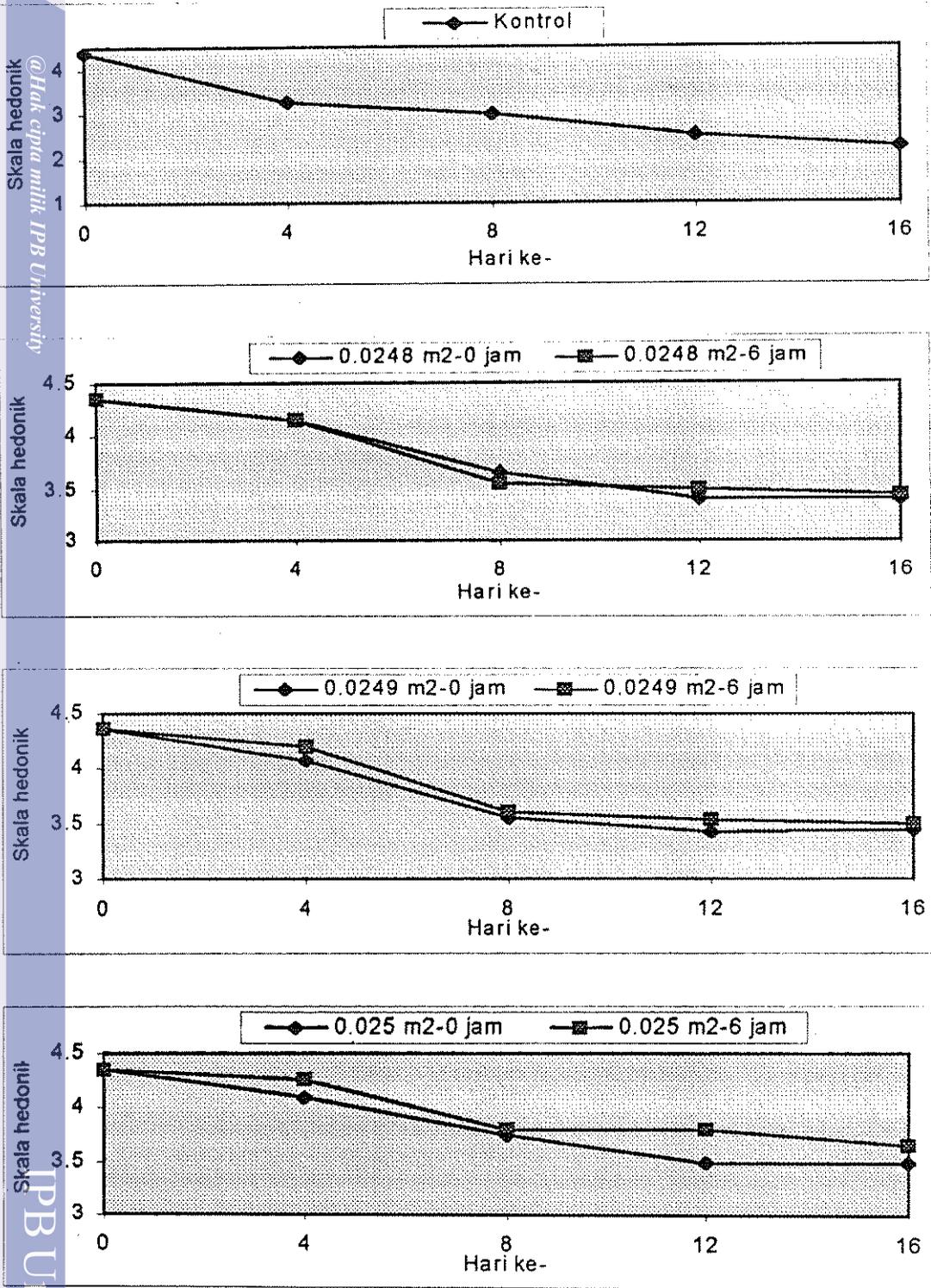
Gambar 26. Uji hedonik terhadap bau brokoli yang disimpan pada suhu 5°C.

2. Kesegaran brokoli

Pengujian ini untuk melihat kesukaan panelis terhadap kesegaran brokoli yang telah disimpan. Dari keseluruhan pengemasan brokoli pada suhu 5°C dan suhu 10°C, memperlihatkan bahwa semakin lama waktu penyimpanan, maka kesegaran brokoli semakin berkurang.

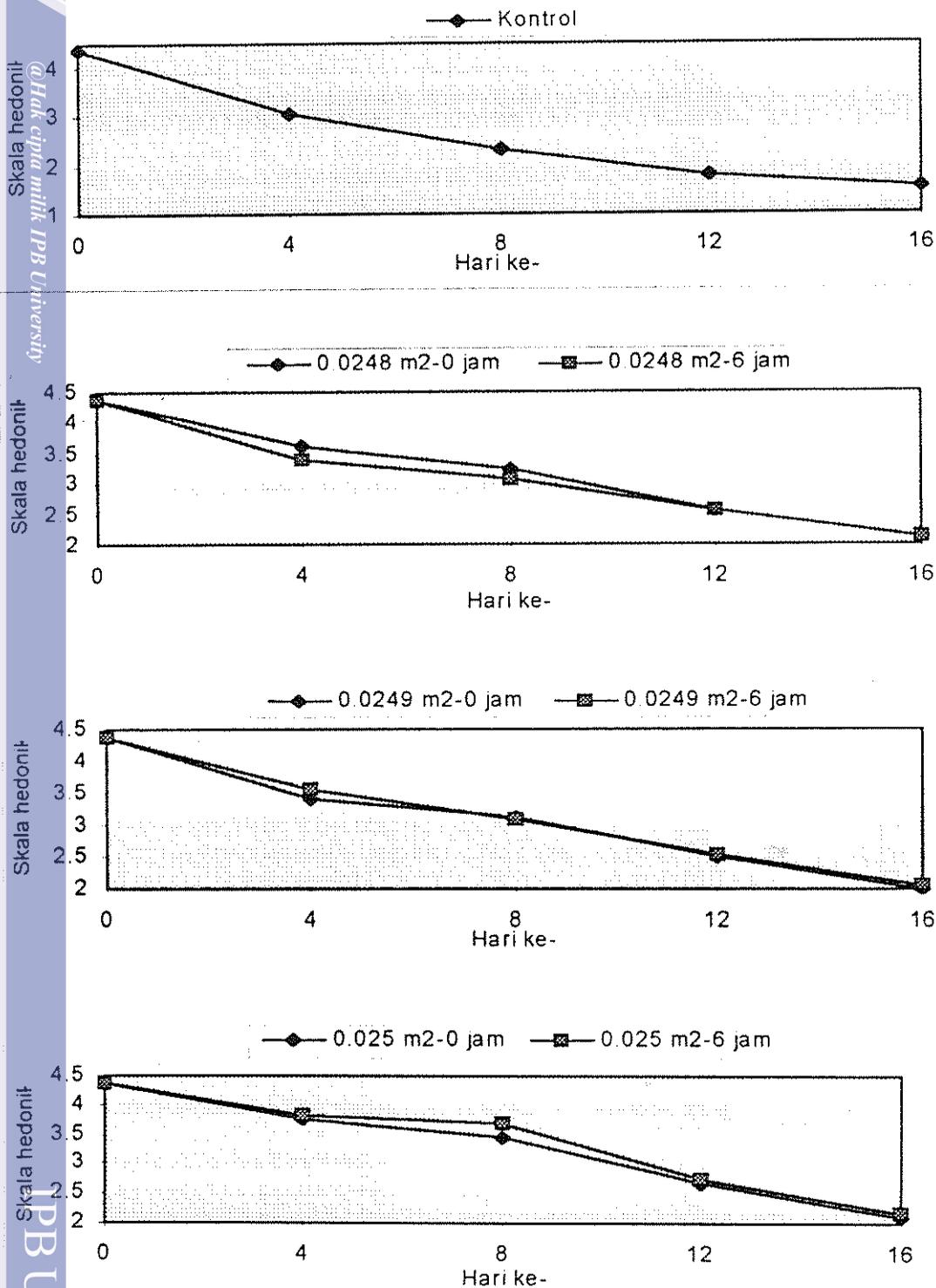
Pada penyimpanan dengan suhu 5°C seperti dalam Gambar 28, untuk brokoli tanpa kemasan, kesegarannya mulai menurun pada hari ke-8, dan pada hari ke-16 panelis memberikan nilai 2.25 (tidak suka). Untuk brokoli dalam kemasan, panelis memberikan nilai antara 3.40-3.66 (antara agak suka dan suka) pada hari ke-16.

Penyimpanan dengan suhu 10°C seperti dalam Gambar 29, brokoli tanpa kemasan menginjak hari ke-4 mulai terjadi penurunan kesegaran, oleh panelis diberikan nilai 3.05 (agak suka). Kondisi kesegaran brokoli ini dapat bertahan sampai hari ke-6. Untuk brokoli dengan kemasan, panelis memberikan nilai antara 2.00-2.18 (tidak suka) pada hari ke-16. Dalam pengamatan yang dilakukan, brokoli dalam kemasan ini mampu bertahan sampai hari ke-10. Kondisi brokoli tanpa kemasan hari ke-16 pada pangkal batang agak berair dan ditumbuhi jamur. Sedangkan untuk brokoli dengan kemasan juga terdapat jamur di pangkal batang, tetapi lebih sedikit dibanding dengan brokoli tanpa kemasan.



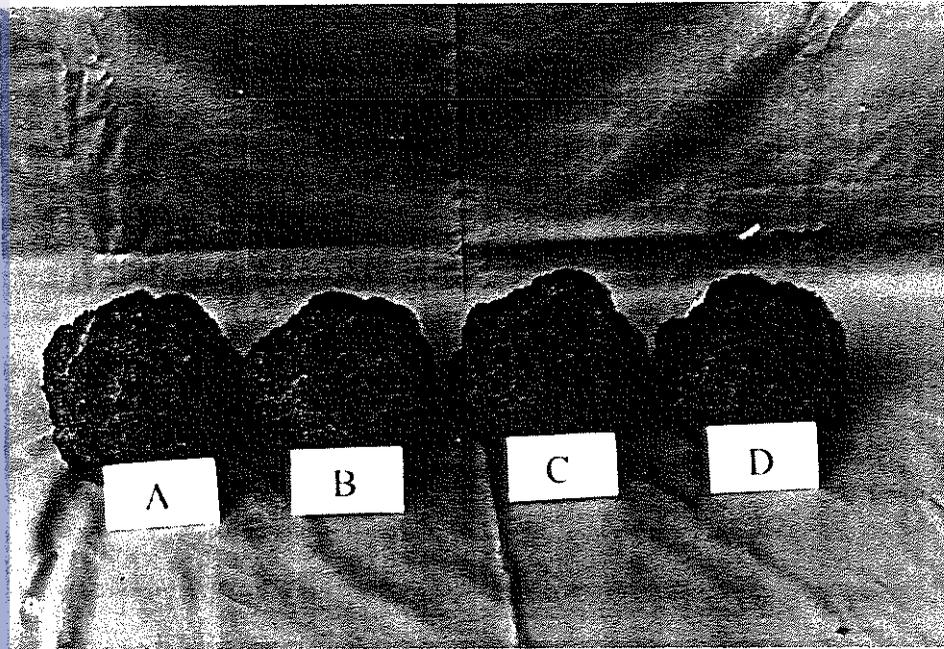
Gambar 28. Uji hedonik terhadap kesegaran brokoli yang di simpan pada suhu 5°C.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak mengizinkan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



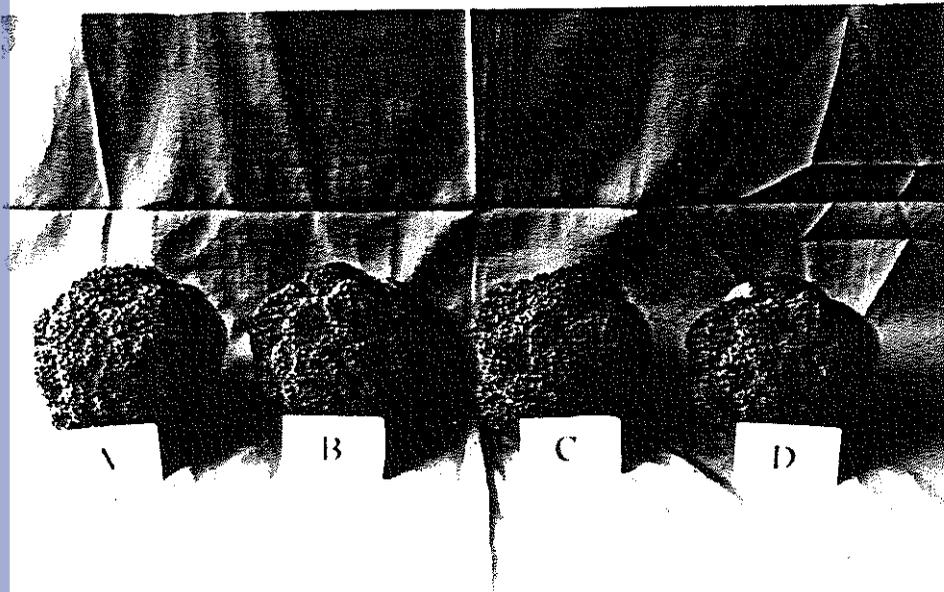
Gambar 29. Uji hedonik terhadap kesegaran brokoli yang disimpan pada suhu 10°C.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak mengizinkan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Keterangan : A (luas 0.025 m2), B (luas 0.0249 m2), C (luas 0.0248 m2), D (kontrol)

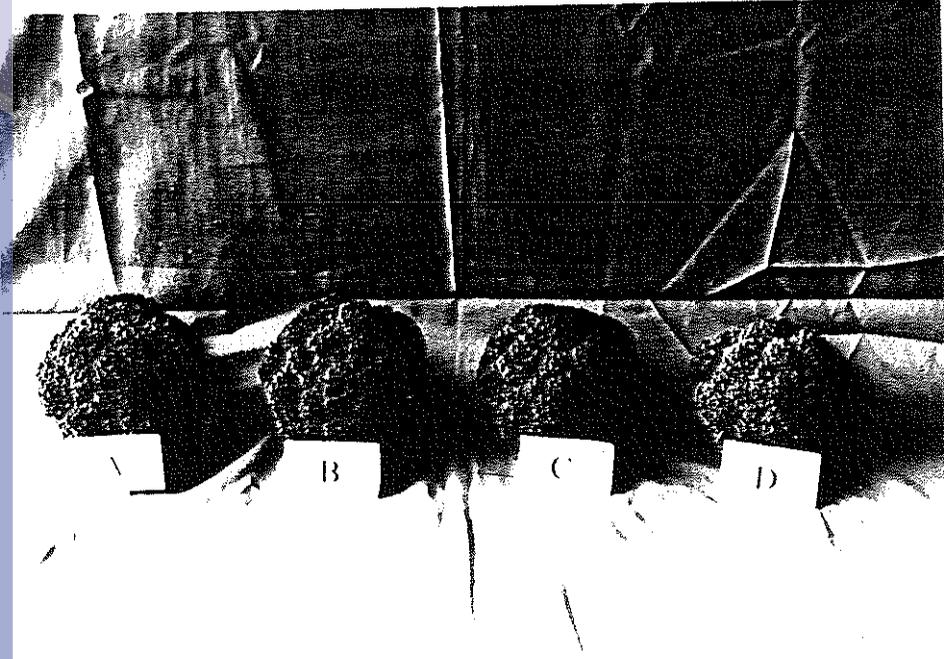
Gambar 30. Penampakan brokoli yang disimpan pada hari ke-0.



Keterangan : A (luas=0.025 m2), B (luas=0.0249 m2), C (luas=0.0248 m2), D (kontrol)

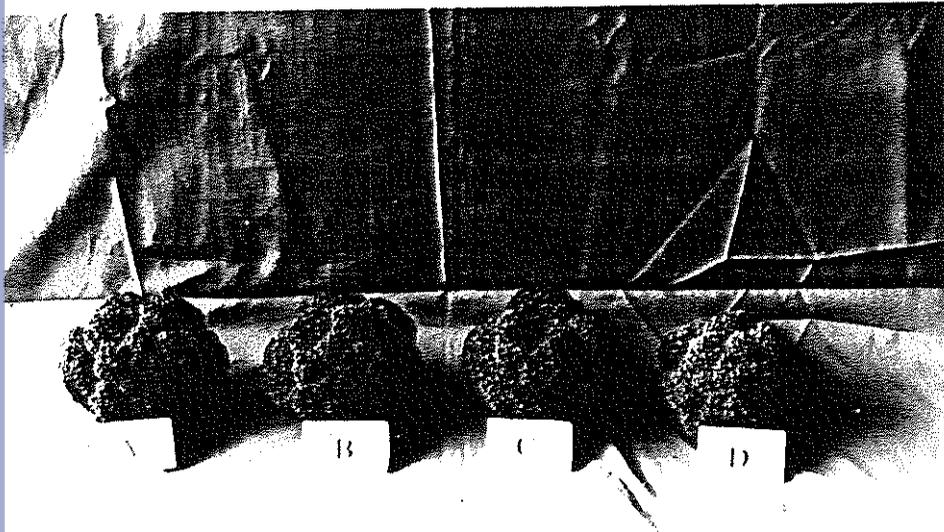
Gambar 31. Penampakan brokoli yang disimpan pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan selama 6 jam suhu kamar pada hari ke-4.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau thajuan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



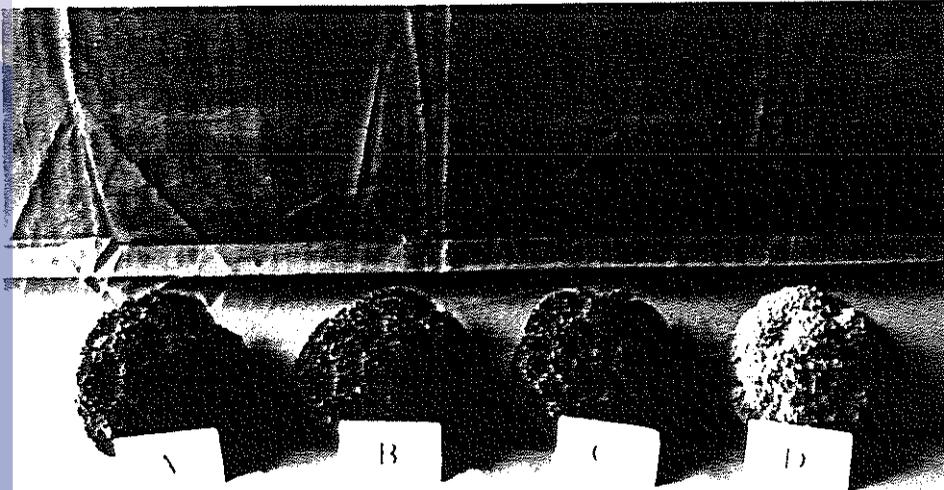
Keterangan : A (luas=0.025 m²). B (luas= 0.0249 m²). C (luas 0.0248 m²). D (kontrol)

Gambar 32. Penampakan brokoli yang disimpan pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan selama 6 jam suhu kamar pada hari ke-8



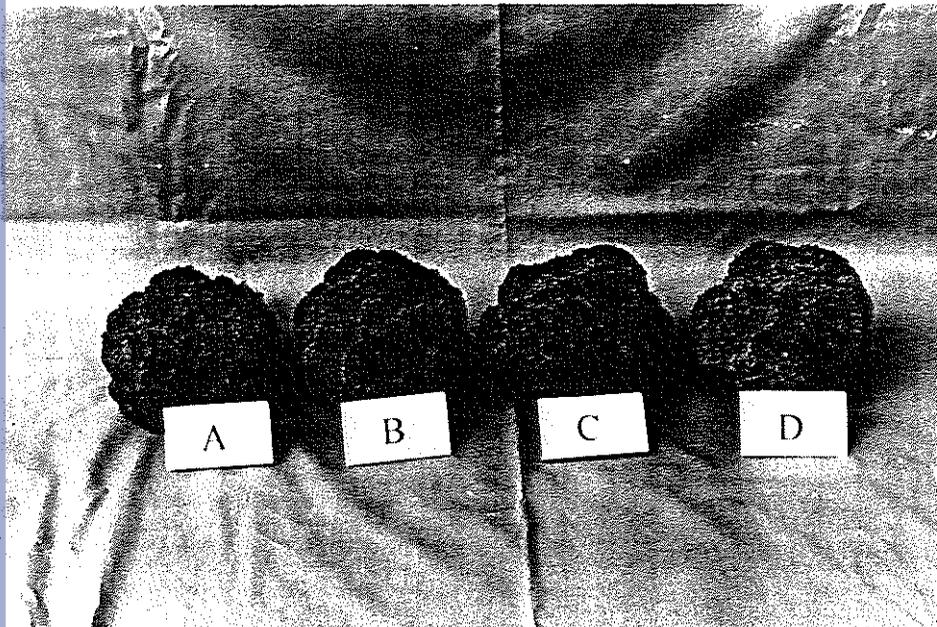
Keterangan : A (luas=0.025 m²). B (luas=0.0249 m²). C (luas=0.0248 m²). D (kontrol)

Gambar 33. Penampakan brokoli yang disimpan pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan selama 6 jam suhu kamar pada hari ke-12.



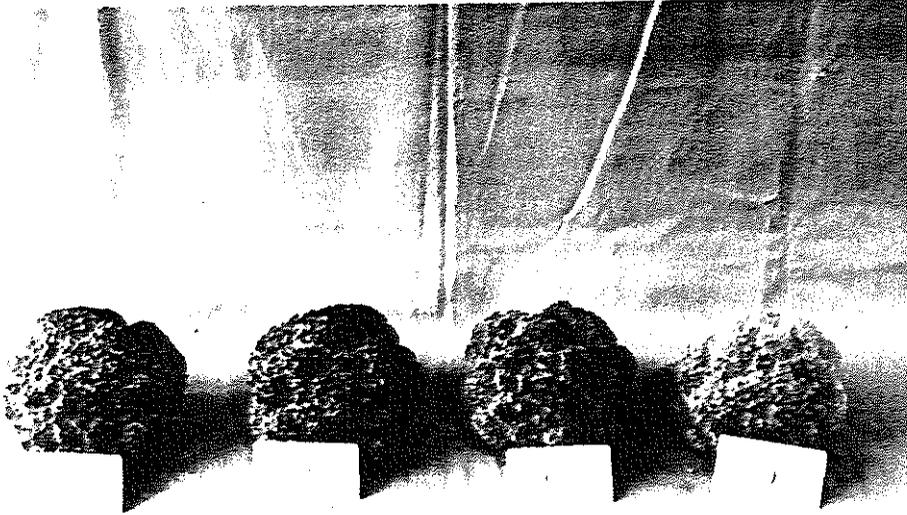
Keterangan : A (luas=0.025 m²). B (luas=0.0249 m²). C (luas=0.0248 m²). D (kontrol)

Gambar 34. Penampakan brokoli yang disimpan pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan selama 6 jam suhu kamar pada hari ke-16.



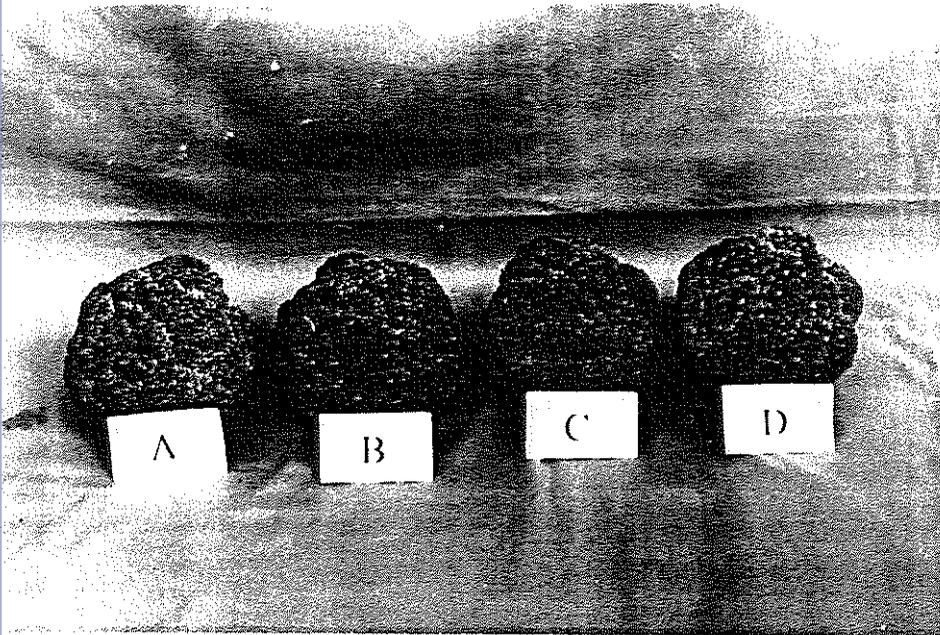
Keterangan : A (luas=0.025 m²). B (luas=0.0249 m²). C (luas=0.0248 m²). D (kontrol)

Gambar 35. Penampakan brokoli yang disimpan pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan selama 6 jam suhu kamar pada hari ke-4.



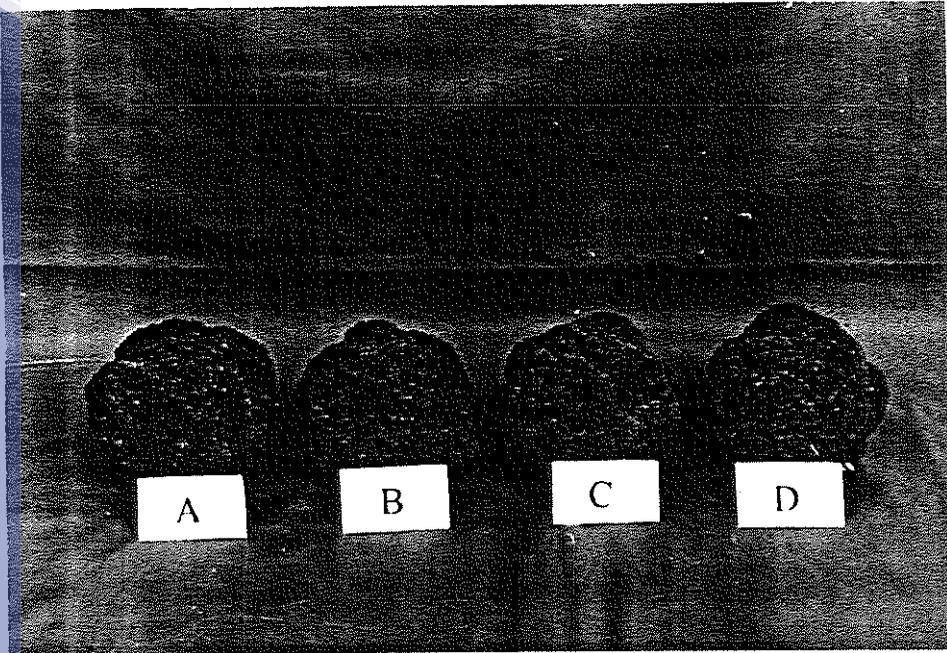
Keterangan : A (luas=0.025 m²). B (luas=0.0249 m²). C (luas=0.0248 m²). D (kontrol)

Gambar 36. Kondisi brokoli yang disimpan pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan selama 6 jam suhu kamar pada hari ke-8.



Keterangan : A (luas=0.025 m²). B (luas=0.0249 m²). C (luas=0.0248 m²). D (kontrol)

Gambar 37. Penampakan brokoli yang disimpan pada suhu 10°C dengan perlakuan disimpan selama 6 jam suhu kamar pada hari ke-12.

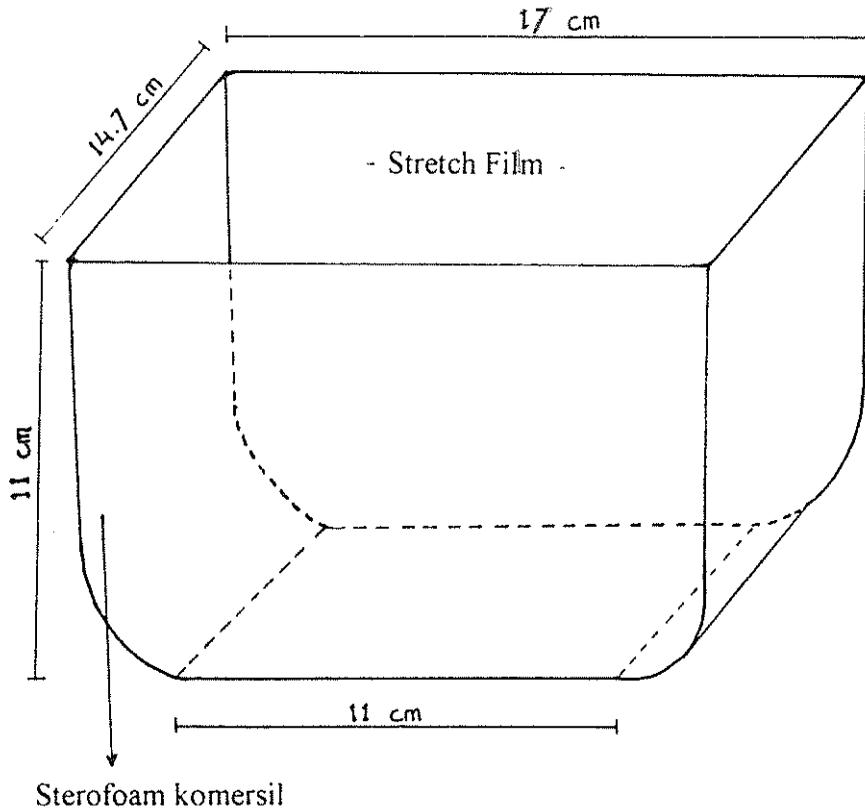


Keterangan : A (luas=0.025 m²), B (luas=0.0249 m²), C (luas=0.0248 m²), D (kontrol)

Gambar 38. Penampakan brokoli yang disimpan pada suhu 10°C dengan perlakuan disimpan selama 6 jam suhu kamar pada hari ke-16.

G. Bentuk Desain Kemasan

Bentuk desain kemasan dirancang berdasarkan hasil penelitian dengan luas *stretch film* 0.025 m², sedangkan volume bebas diperoleh dengan menghitung volume kemasan dengan penambahan tinggi disesuaikan pada brokoli yang dikemas. Wadah kemasan tersebut terbuat dari sterofoam komersil yang biasa digunakan sebagai kemasan dipasaran. Bentuk kemasan yang disarankan dapat dilihat pada Gambar 39.



Gambar 39. Bentuk kemasan hasil rancangan

Luas bagian atas kemasan sesuai hasil penelitian, yaitu sebesar 0.0250 m², dengan panjang 17 cm dan lebar 14.7 cm. Sedangkan tinggi kemasan adalah 11 cm, ukuran ini disesuaikan dengan tinggi brokoli (diameter). Volume bebas kemasan hasil rancangan ini sebesar 2327 ml.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kemasan dengan luasan *stretch film* 0.025 m² mencapai kondisi optimum MA pada hari ke-3 setelah terlebih dahulu disimpan dalam suhu kamar selama 6 jam, sedangkan kemasan dengan luasan *stretch film* 0.0248 m² dan 0.0249 m² tidak mencapai kondisi optimum sampai hari ke-4.

Pada pengujian organoleptik yang meliputi bau dan kesegaran, diperoleh hasil bahwa dalam penyimpanan suhu 5°C dan 10°C, brokoli yang dikemas dengan *stretch film* 0.025 m² yang disimpan lebih dulu selama 6 jam pada suhu kamar, mempunyai kondisi paling baik dibandingkan dengan kemasan yang lain.

Berdasarkan keseluruhan pengujian yang meliputi susut bobot, perubahan warna, uji organoleptik, dan pengamatan terhadap kemasan brokoli serta semua macam perlakuan, maka diperoleh hasil mutu yang paling baik adalah brokoli yang dikemas dengan *stretch film* 0.025 m² dan disimpan pada suhu 5°C.

B. Saran

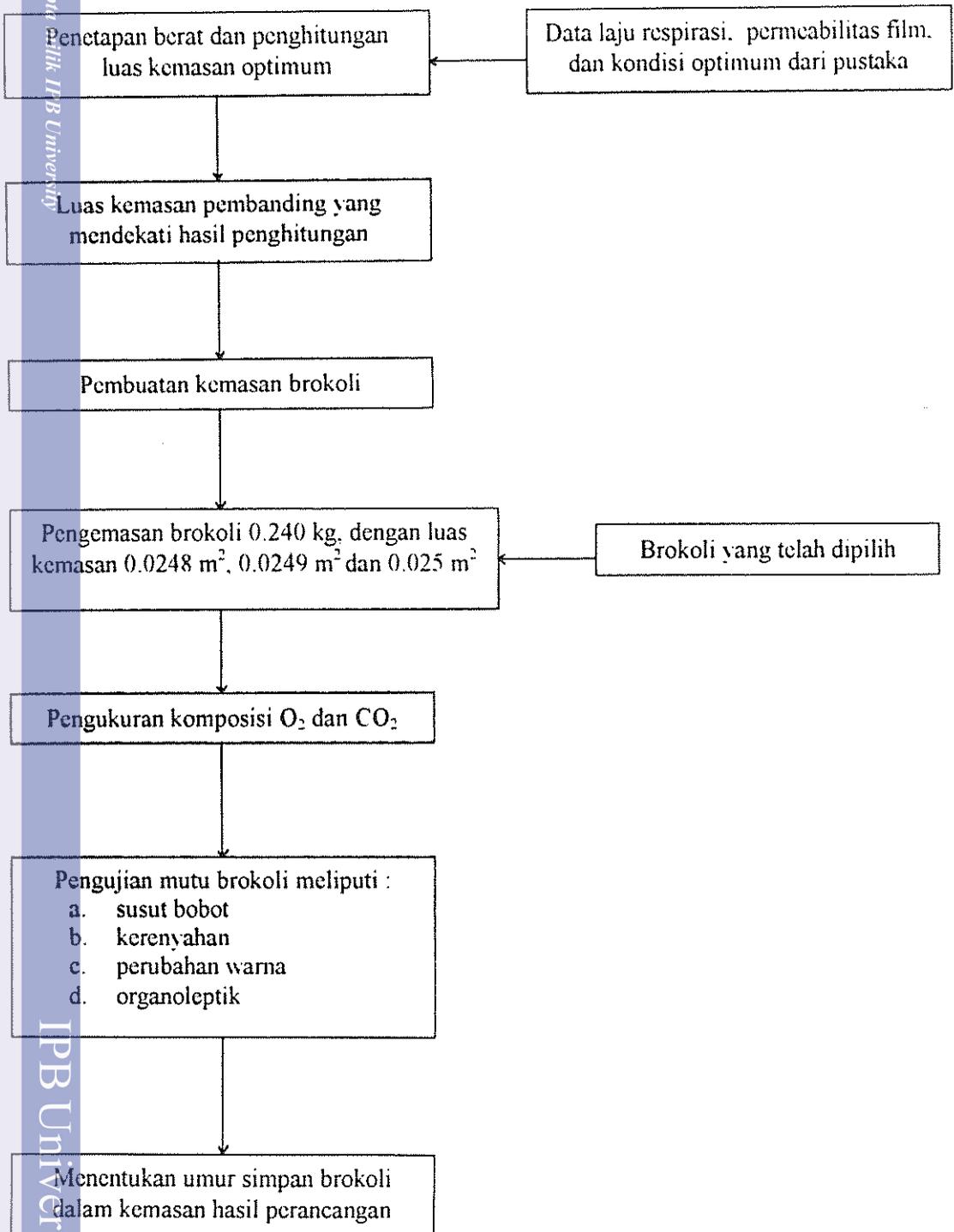
Perlu penelitian ulang dengan variasi bobot brokoli yang berbeda dan pemanfaatan hasil penelitian ini untuk pengemasan brokoli pada kemasan komersial dengan penambahan tinggi wadah.



LAMPIRAN

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 1. Tahapan penelitian perancangan kemasan brokoli untuk mencapai kondisi optimum *Modified Atmosphere*.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 2. Penghitungan untuk mendapatkan luas transmisi kemasan brokoli

Berat (W)	= 0.240 kg
Laju respirasi O ₂ pada suhu 10°C (R1)	= 10.625 ml/kg-jam
Komposisi udara normal O ₂ (C1)	= 0.21
Komposisi udara optimum kemasan O ₂ (X1)	= 0.04
Permeabilitas stretch film untuk O ₂ , pada suhu 10° (P)	= 342 ml-mil/kg-jam
Tebal kemasan (b)	= 0.57 mil
Untuk mendapatkan luas kemasan (A), maka digunakan penghitungan berdasarkan persamaan dari Mannapperuma et. Al. (1989) :	

$$A = \frac{W \times R1 \times b}{P \times (C1 - X1)}$$

$$A = \frac{0.24 \times 10.625 \times 0.57}{342 \times (0.21 - 0.04)}$$

$$A = 0.025$$

$$A = 0.025 \text{ m}^2$$



Lampiran 3. Rataan komposisi konsentrasi O₂ daan CO₂ yang dikemas *stretch film* 0.0248 m² pada suhu 5°C.

Hari ke-	Konsentrasi (%)	
	O ₂	CO ₂
0	21	0.03
1	16.8	3.4
2	15.0	6.0
3	12.6	6.8
4	13.2	7.0
5	12.5	7.4
6	12.2	6.6
7	12.7	6.8

Lampiran 4. Rataan komposisi konsentrasi O₂ dan CO₂ yang dikemas *stretch film* 0.0249 m² pada suhu 5°C.

Hari ke-	Konsentrasi (%)	
	O ₂	CO ₂
0	21	0.03
1	16.0	4.2
2	15.3	5.0
3	14.5	5.2
4	13.9	5.8
5	12.3	6.4
6	12.5	6.0
7	12.2	6.2



Lampiran 5. Komposisi konsentrasi O₂ dan CO₂ yang dikemas dengan *stretch film* 0.0250 m² pada suhu 5°C.

Hari ke-	Konsentrasi (%)	
	O ₂	CO ₂
0	21	0.03
1	16.0	3.5
2	15.6	4.0
3	13.1	5.6
4	13.3	5.8
5	11.8	6.0
6	11.6	6.2
7	11.7	6.0

Lampiran 6. Komposisi konsentrasi O₂ dan CO₂ yang dikemas dengan *stretch film* 0.0248 m² pada suhu 10°C.

Hari ke-	Konsentrasi (%)	
	O ₂	CO ₂
0	21	0.03
1	16.5	5.0
2	14.0	6.0
3	12.8	6.8
4	11.5	7.0
5	10.8	7.4
6	11.2	6.6
7	11.1	6.8

Lampiran 7. Komposisi konsentrasi O₂ dan CO₂ yang dikemas dengan *stretch film* 0.0249 m² pada suhu 10°C.

Hari ke-	Konsentrasi (%)	
	O ₂	CO ₂
0	21	0.03
1	15.8	4.6
2	14.8	6.0
3	13.5	5.8
4	11.0	6.4
5	11.7	7.0
6	11.0	6.8
7	10.6	7.0

Lampiran 8. Komposisi konsentrasi O₂ dan CO₂ yang dikemas dengan *stretch film* 0.0250 m² pada suhu 10°C.

Hari ke-	Konsentrasi (%)	
	O ₂	CO ₂
0	21	0.03
1	15.2	5.5
2	13.2	7.0
3	10.9	7.4
4	8.8	8.2
5	8.6	8.4
6	9.4	8.0
7	9.5	7.6

Lampiran 9. Komposisi konsentrasi O₂ dan CO₂ yang dikemas dengan *stretch film* 0.0248 m² pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar.

Hari ke-	Konsentrasi (%)	
	O ₂	CO ₂
0	21	0.03
1	13.8	6.2
2	11.7	6.5
3	10.0	6.6
4	8.5	7.0
5	7.3	7.4
6	7.0	7.2
7	7.0	7.2

Lampiran 10. Komposisi konsentrasi O₂ dan CO₂ yang dikemas dengan *stretch film* 0.0249 m² pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar.

Hari ke-	Konsentrasi (%)	
	O ₂	CO ₂
0	21	0.03
1	13.1	6.4
2	11.4	6.5
3	9.7	6.8
4	8.2	7.2
5	7.1	7.0
6	7.3	6.8
7	7.2	7.0

Lampiran 11. Komposisi konsentrasi O₂ dan CO₂ yang dikemas dengan *stretch film* 0.0250 m² pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar.

Hari ke-	Konsentrasi (%)	
	O ₂	CO ₂
0	21	0.03
1	13.3	7.2
2	11.5	7.6
3	8.9	8.4
4	7.1	8.5
5	6.8	8.8
6	7.0	8.5
7	6.9	8.5

Lampiran 12. Komposisi konsentrasi O₂ dan CO₂ yang dikemas dengan *stretch film* 0.0248 m² pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar.

Hari ke-	Konsentrasi (%)	
	O ₂	CO ₂
0	21	0.03
1	12.3	8.2
2	11.5	7.6
3	9.0	8.0
4	7.3	7.8
5	7.0	7.6
6	7.2	7.5
7	7.3	7.6

Lampiran 13. Komposisi konsentrasi O₂ dan CO₂ yang dikemas dengan *stretch film* 0.0249 m² pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar.

Hari ke-	Konsentrasi (%)	
	O ₂	CO ₂
0	21	0.03
1	11.7	8.0
2	9.8	8.5
3	8.3	8.2
4	7.1	7.8
5	6.9	8.0
6	7.0	8.4
7	7.2	8.2

Lampiran 14. Komposisi konsentrasi O₂ dan CO₂ yang dikemas dengan *stretch film* 0.0250 m² pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar.

Hari ke-	Konsentrasi (%)	
	O ₂	CO ₂
0	21	0.03
1	10.4	8.5
2	7.7	9.0
3	6.8	8.8
4	6.4	9.2
5	6.3	10.0
6	6.6	9.8
7	6.5	10.0



Lampiran 15. Rataan nilai dari susut bobot brokoli (g/100g).

Suhu (°C)	Luas Transmisi (m ²)	Berat (kg)	Perlakuan	Hari ke-					
				0	4	8	12	16	
5	-	-	Kontrol	0	20.03	21.35	29.44	36.62	
	0.0248	0.24	0 jam	0	2.81	3.29	3.32	4.11	
			6 jam	0	2.63	2.70	3.00	3.47	
	0.0249	0.24	0 jam	0	2.64	3.18	3.34	3.88	
			6 jam	0	2.52	2.83	2.97	3.46	
	0.0250	0.24	0 jam	0	2.59	3.24	3.60	4.08	
			6 jam	0	2.83	2.72	2.96	3.40	
	10	-	-	Kontrol	0	21.82	29.12	34.08	39.75
		0.0248	0.24	0 jam	0	2.70	3.30	3.46	4.29
				6 jam	0	2.58	3.12	3.50	4.14
0.0249		0.24	0 jam	0	2.71	3.25	3.63	4.22	
			6 jam	0	2.65	2.98	3.41	4.15	
0.0250		0.24	0 jam	0	2.62	3.28	3.61	4.18	
	6 jam		0	2.66	3.04	3.37	4.09		

Lampiran 16. Perubahan warna brokoli yang dikemas *stretch film* 0.0248 m² pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar.

Hari ke-	Nilai a-	Nilai L	Nilai b+	Nilai C	Nilai H	dB*ab
0	13.85	44.53	8.05	16.02	30.17	0.00
4	13.41	46.38	9.22	16.27	34.51	2.23
8	13.16	48.99	10.18	16.64	37.72	2.79
12	12.82	49.47	11.54	17.25	41.99	1.48
16	12.76	50.03	13.14	18.25	46.04	1.70

Lampiran 17. Perubahan warna brokoli yang dikemas *stretch film* 0.0249 m² pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar.

Hari ke-	Nilai a-	Nilai L	Nilai b+	Nilai C	Nilai H	dB*ab
0	13.85	44.53	8.05	16.02	30.17	0.00
4	13.48	47.20	8.76	16.08	33.02	2.79
8	13.22	49.11	9.38	16.21	35.36	1.47
12	12.74	50.12	10.63	16.59	39.84	1.68
16	12.51	51.67	12.58	17.74	45.16	2.50

Lampiran 18. Perubahan warna brokoli yang dikemas *stretch film* 0.0250 m² pada suhu 5°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar.

Hari ke-	Nilai a-	Nilai L	Nilai b+	Nilai C	Nilai H	dB*ab
0	13.85	44.53	8.05	16.02	30.17	0.00
4	13.44	45.74	8.72	16.02	32.98	1.44
8	13.26	47.60	9.24	16.18	34.87	1.94
12	12.95	49.21	10.36	16.58	38.66	1.99
16	12.70	50.08	12.55	17.85	44.66	2.37

Lampiran 19. Perubahan warna brokoli yang dikemas *stretch film* 0.0248 m² pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar.

Hari ke-	Nilai a-	Nilai L	Nilai b+	Nilai C	Nilai H	dB*ab
0	13.85	44.53	8.05	16.02	30.17	0.00
4	12.26	46.98	9.66	15.61	38.24	3.34
8	10.37	49.13	11.73	15.66	48.52	3.53
12	9.22	54.27	18.46	20.63	63.46	8.55
16	7.30	56.92	20.34	21.42	70.26	3.77

Lampiran 20 Perubahan warna brokoli yang dikemas *stretch film* 0.0249 m² pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar.

Hari ke-	Nilai a-	Nilai L	Nilai b+	Nilai C	Nilai H	dB*ab
0	13.85	44.53	8.05	16.02	30.17	0.00
4	12.94	46.75	9.68	16.16	36.80	2.90
8	10.56	49.08	11.71	15.77	47.96	3.90
12	9.10	54.26	19.02	21.08	64.43	9.08
16	7.32	56.64	20.13	21.42	70.02	3.17

Lampiran 21. Perubahan warna brokoli yang dikemas *stretch film* 0.0250 m² pada suhu 10°C dengan perlakuan awal disimpan 6 jam pada suhu kamar.

Hari ke-	Nilai a-	Nilai L	Nilai b+	Nilai C	Nilai H	dB*ab
0	13.85	44.53	8.05	16.02	30.17	0.00
4	12.56	46.70	9.65	15.84	37.54	2.98
8	11.32	48.62	11.70	16.28	45.96	3.07
12	9.41	53.94	18.46	20.72	62.99	8.81
16	7.29	55.71	20.10	21.38	70.06	3.21

Lampiran 22. Analisis keragaman suhu, luas transmisi dan lama penyimpanan terhadap susut bobot brokoli.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F - hitung	F - tabel	
					0.05	0.01
Kelompok	4	112.662	28.165	1069.975	2.61	3.83
Perlakuan	11	1.302	0.118	4.496	2.08	2.80
A (Suhu)	1	0.481	0.481	18.261**	4.08	7.34
B (Luas)	2	0.010	0.005	0.186	3.23	5.18
C (Waktu)	1	0.630	0.630	23.951**	4.08	7.31
AB	2	0.014	0.007	0.266	3.23	5.18
AC	1	0.153	0.153	5.807*	4.08	7.31
BC	2	0.002	0.001	0.039	3.23	5.18
ABC	2	0.012	0.006	0.227	3.23	5.18
Galat	44	1.158	0.026			
Total	59	115.122	1.951			

* = berpengaruh nyata

** = berpengaruh sangat nyata

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 23 Rataan nilai uji organoleptik terhadap kesegaran brokoli.

Suhu (°C)	Luas Transmisi (m ²)	Berat (kg)	Perlakuan	Hari ke-					
				0	4	8	12	16	
5	-	-	Kontrol	4.36	3.25	3.00	2.50	2.25	
	0.0248	0.24	0 jam	4.36	4.16	3.65	3.40	3.40	
			6 jam	4.36	4.15	3.55	3.50	3.43	
	0.0249	0.24	0 jam	4.36	4.08	3.55	3.42	3.45	
			6 jam	4.36	4.20	3.60	3.53	3.50	
	0.0250	0.24	0 jam	4.36	4.10	3.75	3.50	3.50	
			6 jam	4.36	4.26	3.80	3.80	3.66	
	-	-	Kontrol	4.36	3.05	2.32	1.80	1.55	
	10	0.0248	0.24	0 jam	4.36	3.61	3.24	2.54	2.12
				6 jam	4.36	3.40	3.06	2.55	2.14
0.0249		0.24	0 jam	4.36	3.41	3.12	2.50	2.00	
			6 jam	4.36	3.55	3.10	2.53	2.06	
0.0250		0.24	0 jam	4.36	3.76	3.45	2.69	2.10	
			6 jam	4.36	3.84	3.68	2.75	2.18	

Skala hedonik :

- 1 = sangat tidak suka
- 2 = tidak suka
- 3 = agak suka
- 4 = suka
- 5 = sangat suka

Lampiran 24. Rataan nilai uji organoleptik terhadap bau brokoli.

Suhu (°C)	Luas Transmisi (m ²)	Berat (kg)	Perlakuan	Hari ke-					
				0	4	8	12	16	
5	-	-	Kontrol	4.10	3.60	2.42	2.08	1.95	
	0.0248	0.24	0 jam	4.10	4.02	3.69	3.50	3.40	
			6 jam	4.10	4.10	3.80	3.75	3.50	
	0.0249	0.24	0 jam	4.10	4.04	3.75	3.64	3.45	
			6 jam	4.10	4.10	3.78	3.68	3.49	
	0.0250	0.24	0 jam	4.10	4.00	3.61	3.55	3.42	
			6 jam	4.10	4.10	3.85	3.80	3.53	
	10	-	-	Kontrol	4.10	2.55	1.80	1.35	1.10
		0.0248	0.24	0 jam	4.10	3.55	3.20	2.50	2.00
				6 jam	4.10	3.60	3.22	2.55	2.08
0.0249		0.24	0 jam	4.10	3.68	3.25	2.56	2.05	
			6 jam	4.10	3.65	3.18	2.70	2.08	
0.0250		0.24	0 jam	4.10	3.57	3.25	2.50	2.00	
	6 jam		4.10	3.63	3.20	2.53	2.10		

Skala hedonik :

- 1 = sangat tidak suka
- 2 = tidak suka
- 3 = agak suka
- 4 = suka
- 5 = sangat suka

DAFTAR PUSTAKA

- Ballantyne, A. et. al. 1988. Modified Atmosphere Packaging of Brokoli Floret
Jurnal Food Sci. : 23 : 353-360.
- Biro Pusat Statistik. 1995. Survei Pertanian Produksi Tanaman Sayuran di
Indonesia BPS. Jakarta.
- Considine, D. M. and Glenn, D. Considine. 1982. Foods and Food Production
Encyclopedia. Van Nostrand Reinhold Co. New York.
- Deily, K. R. and S. S. H. Rizvi. 1981. Optimation of Parametic for Packaging of
Fresh Peactres in Polymeric Film. J. Food Process. Eng. 5 : 23-41.
- Hayakawa, K., Hening, Y. and Gilbert, S. G. 1975. Formula for Predicting Gas
Exchange of Fresh Produce in Polymeric Film Package. J. Food Sci : 40: 186-
191.
- Ida Bagus Putu Gunadya. 1993. Pengkajian Penyimpanan Salak Segar (*Salacca
edulis reinw.*) Dalam Kemasan Film Dengan "Modified Atmosphere" Tesis
Pasca Sarjana, IPB. Bogor.
- I Wayan Budiastra dan Hadi K. Purwadaria. 1993. Penanganan Pasca Panen
Sayuran dan Buah-buahan, 10-15 Mei 1993. IPB. Bogor.
- Iman Harjono M. S. 1996. Melirik Bisnis Tani Kubis Bunga. CV. Aneka. Solo.
- Kader, A. A. 1985. Postharvest Biology and Technology an Overview dalam
Postharvest Tecnology of Agriculture Crops. Cooperative Extention.
University of California.
- Lipton W. J. and Max Haris. 1976. Response of Stored Cauliflower (*Brassica
coleraceae L., Botrytis Group*) to Low O₂ Atmosphere. J. Amer. Soc. Hort.
Sci. 101 (3) : 208-211.
- Mac Gillivray, J. H. 1961. Vegetable Production. An AVI Book Published by Van
Nostrand Reinhold. New York.
- Mannapperuma, J. D., D. Zagory, R. P. Singh and A. A. Kader. 1989. Desain of
Polymeric Packages for Modified Atmosphere Storage of Fresh Produce. Proc.
5th Int CA Res. Cont (June 14-16, 1989), Wenatchee, WA. Vol 2 Pp 225-233

- Mannapperuma, J. D. and R. P. Singh. 1990. Modelling of Gas Exchange in Polymeric of Fruits and Vegetables. Department Agricultural Engineering University of California. USA.
- Mulyadi Tubagus. 1993. Mempelajari Penyimpanan Brokoli (*Brassica oleraceae L. var. italica*) dan Kembang Kol (*Brassica oleraceae L. var. botrytis*) dengan "Modified Atmosphere". Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB Bogor
- Pantastico, E. B. 1989. Fisiologi Pasca Panen, Penanganan dan Pemanfaatan Buah-buahan dan Sayur-sayuran Tropika dan Subtropika. Penerjemah Kamariyani Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Ryall, A. L. and Werner, J. Lipton. 1983. Handling, Transportation and Storage of Fruits and Vegetables. AVI Publishing Co., Inc. Westport, Connecticut. USA.
- Robert G. D. dan James H. Torrie. 1991. Prinsip dan Prosedur Statistika. Penerjemah Bambang Sumantri. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Sabari S. D. et al. 1991. Pengaruh Pengemasan Modified Atmosphere dan Lama Penyimpanan Terhadap Pematangan dan Mutu Mangga Arum Manis. J. Hort. Sci. 1(1) : 19-24.
- Sudarminto Eko. 1992. Mempelajari Pengaruh Modified Atmosphere Packaging Terhadap Masa Simpan Alpukat. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB Bogor.
- Supriyanto, T. 1987. Perilaku Perubahan dan Parameter Teknik Penyimpanan Tomat Segar dengan Modified Atmosphere. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB. Bogor.
- Tahlim Sudarminto. 1993. Beberapa Aspek dalam Pengembangan Agribisnis Hortikultura. Pelatihan Pasca Panen Buah-buahan dan Sayur-sayuran. PAU. IPB. Bogor.
- Thompson, H. C. and William, C. K. 1957. Vegetables Crops. Fifth edition. Mc Graw Hill Book Company, Inc. New York.
- Yangyang Setiawan, et al. 1986. Penyimpanan Tomat (*Lycopersicum esculanta*) Segar dengan Modified Atmosphere. Seminar Teknologi Pertanian University Brawijaya. Malang.

