

**PENGARUH SUHU PENYIMPANAN  
DAN PENGEMASAN TERHADAP KESEGARAN BROKOLI  
(*Brassica oleraceae* L var. Royal green )**

**SKRIPSI**

**Dosen Pembimbing:  
Ir. Lilik Harianie**

**Oleh:  
IZZUL HUSNA  
NIM : 04520038**



**JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MALANG  
2008**

**PENGARUH SUHU PENYIMPANAN DAN PENGEMASAN  
TERHADAP KESEGARAN BROKOLI (*Brassica oleraceae* L  
var. *Royal green* )**

**SKRIPSI**

**Oleh:  
IZZUL HUSNA  
NIM : 04520038**

**Telah disetujui oleh**

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Ir. Lilik Harianie  
NIP. 150 290 0590**

**Ahmad Nasihuddin, M,A  
NIP. 150 302 531**

**Tanggal: 17 Oktober 2008**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Biologi**

**Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah ,M. Si  
NIP .150 229 505**

**PENGARUH SUHU PENYIMPANAN DAN PENGEMASAN  
TERHADAP KESEGARAN BROKOLI (*Brassica oleraceae* L  
var. Royal green )**

**SKRIPSI**

Oleh :  
**IZZUL HUSNA**  
NIM : 04520038

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji Skripsi dan  
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S. Si)

Tanggal:  
30 Oktober 2008

**Susunan Dewan Penguji :**

**Tanda Tangan**

- |                  |  |     |
|------------------|--|-----|
| 1. Penguji Utama | : Dr. Dra. Ulfah Utami, M.Si<br>NIP: 150 291 272 | ( ) |
| 2. Ketua         | : Evika Sandi Savitri, M.P<br>NIP : 150 327 253  | ( ) |
| 3. Sekretaris    | : Ir. Lilik Harianie<br>NIP : 150 291 272        | ( ) |
| 4. Anggota       | : Ahmad Nasihuddin, M.A<br>NIP: 150 302 531      | ( ) |

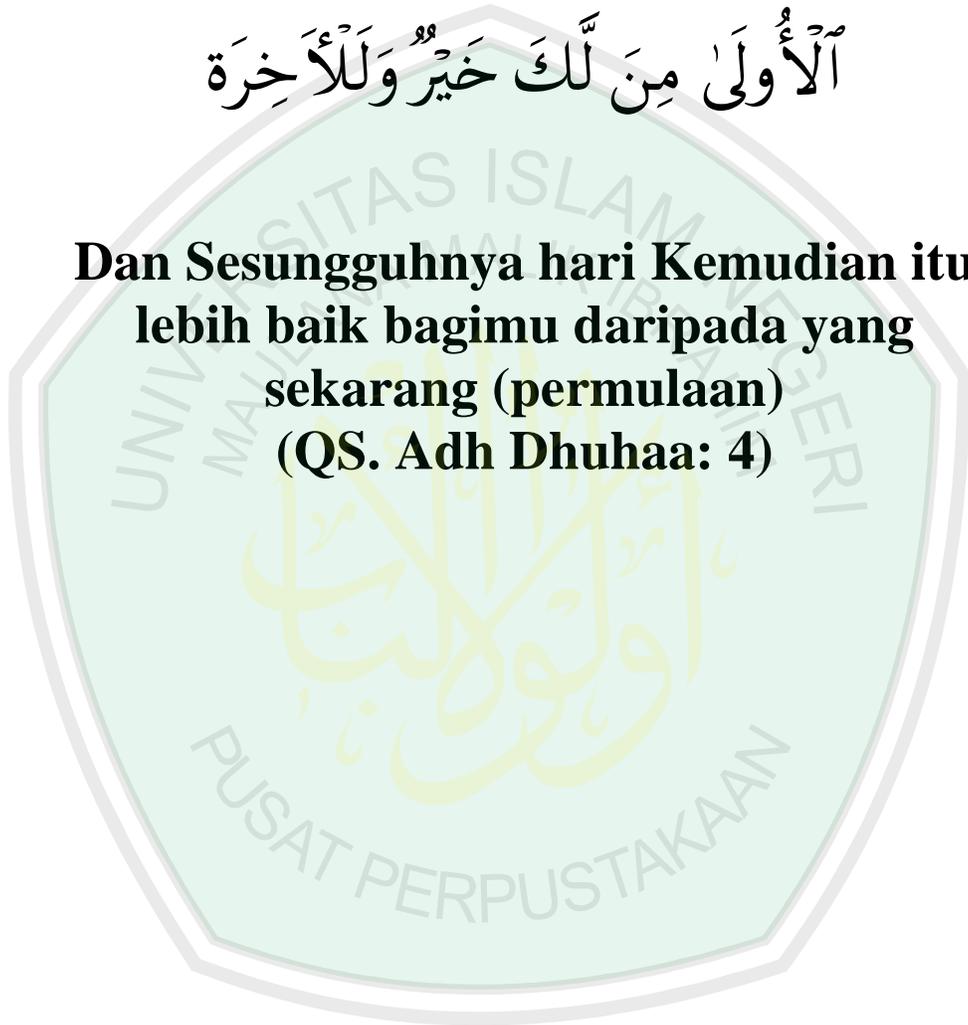
**Mengetahui dan Mengesahkan  
Kajur Biologi**

**Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah ,M. Si**  
NIP .150 229 505

**MOTTO**

الْأُولَىٰ مِنْ لَدُنِّكَ خَيْرٌ وَلَلْآخِرَةُ

**Dan Sesungguhnya hari Kemudian itu  
lebih baik bagimu daripada yang  
sekarang (permulaan)  
(QS. Adh Dhuhaa: 4)**



## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Alhamdulillah* rabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis haturkan kehadiran Ilahi Robbi, karena hanya dengan rahmat, taufiq, dan hidayah-Nya semata yang mampu mengantarkan penulis dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kehadiran junjungan dan teladan umat islam sepanjang zaman, nabi Muhammad SAW.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa setiap hal yang tertuang dalam skripsi ini tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan materiil, moril dan spiritual dari banyak pihak. Untuk itu poenulis hanya bisa mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Imam Suprayogo, selaku rector UIN Malang
2. Bapak Prof. Sutiman Bambang Bambang Sumitro S.U., D.Sc., selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Malang
3. Ibu Dr.drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si., selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Malang
4. Ibu Ir. Lilik Harianie, yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada peneliti sampai dengan terselesaikannya tugas ini
5. Bapak Nasihuddin, M.Ag., yang telah memberikan bimbingan kepada penulis sampai dengan terselesaikannya tugas ini
6. Ibu. Ruri Siti Resmisari M. Hut yang telah membantu dalam proses penulisan skripsi ini
7. Dosen Lapang Bapak Rudi & Bapak Arisandi, yang telah membimbing penelitian sampai dengan terselesaikannya tugas ini.
8. Kedua Orang tuaku, Bapak H.Fathurrohman dan Ibu Hj.Sholihah yang telah memberikan dukungan baik materi maupun spiritual
9. Kepala beserta pengelola laboratorium Biologi UIN Malang
10. Kepala beserta pengelola laboratorium Kimia UIN Malang
11. Teman-teman Biologi angkatan 2004 serta UKM Jhepret Club yang telah memberikan semangat hingga skripsi ini terselesaikan

Tiada balasan yang dapat penulis berikan selain do'a semoga Allah SWT menerima amal baik mereka semua dan memberikan imbalan yang lebih baik atas segala jerih payahnya, serta merengkuh dalam ridho-Nya Amin.

Akhirnya hanya kepada Allah SWT penulis berserah diri dan semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan semua pihak pada umumnya.

Malang, 4 September 2007

Penulis

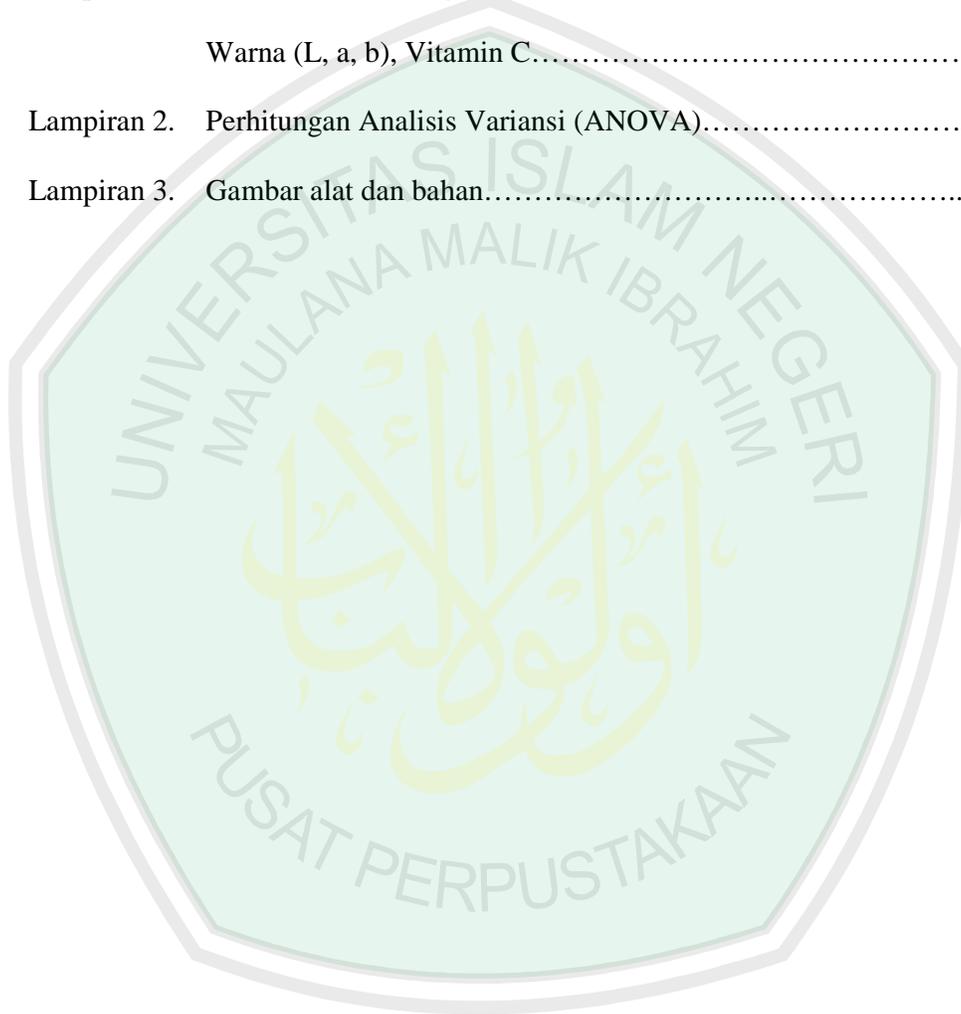


## DAFTAR GAMBAR

No .	Judul	Halaman
2.1	Brokoli ( <i>Brassica oleracea</i> L var. Royal green).....	7
4.1	Rata-rata kadar CO <sub>2</sub> pada pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan.....	44
4.2	Rata-rata kadar air pada pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan.....	49
4.3	Rata-rata warna tingkat kecerahan (L) pada pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan.....	54
4.4	Rata-rata warna koordinat kromatit (a) pada pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan.....	57
4.5	Rata-rata warna koordinat kromatit (b) pada pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan.....	60
4.6	Rata-rata vitamin C pada pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan.....	67

## DAFTAR LAMPIRAN

Judul	Halaman
Lampiran 1. Data Hasil Perhitungan Kadar CO <sub>2</sub> , Kadar Air, Warna (L, a, b), Vitamin C.....	75
Lampiran 2. Perhitungan Analisis Variansi (ANOVA).....	78
Lampiran 3. Gambar alat dan bahan.....	92



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xiv</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	4
1.3. Tujuan Penelitian .....	4
1.4. Hipotesis .....	4
1.5. Batasan Masalah .....	4
1.6. Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II. KAJIAN PUSTAKA</b>	
2.1. Klasifikasi Tanaman Brokoli .....	6
2.2. Morfologi Tanaman Brokoli .....	6
2.3. Varietas Brokoli .....	8
2.4. Kandungan Brokoli .....	9
2.5. Standart Kualitas .....	10
2.6. Penanganan Pasca Panen .....	11
2.7. Penyimpanan .....	13
2.8. Perubahan Pada Penyimpanan .....	15
2.9. Pengemasan .....	16
2.10. Pendinginan .....	20
2.11. Cilling Injury .....	21
2.12. Pengendalian yang diakibatkan Pendinginan .....	23
2.13. Respirasi .....	24
2.14. Pengukuran Respirasi .....	26

2.15	Efek Fisiologi Konsentrasi CO <sub>2</sub> .....	27
2.16	Faktor-faktor yang Mempengaruhi Respirasi .....	27
2.17	Makanan Dalam Persepektif Islam .....	32

### **BAB III. METODE PENELITIAN**

3.1.	Tempat dan Waktu Penelitian .....	36
3.2.	Alat dan Bahan .....	36
3.3.	Rancangan Penelitian .....	36
3.4	Prosedur Penelitian .....	37
3.5	Teknik Analisa Data .....	40
3.6	Desain Penelitian.....	41

### **BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1.	Pengaruh Suhu Penyimpanan dan Pengemasan terhadap Kesegaran Brokoli .....	42
4.1.1	Pengaruh Suhu Penyimpanan dan Pengemasan terhadap Kadar CO <sub>2</sub> .....	42
4.1.2	Pengaruh Suhu Penyimpanan dan Pengemasan terhadap Kadar Air .....	46
4.1.3	Pengaruh Suhu Penyimpanan dan Pengemasan terhadap Warna (L, a, b).....	51
4.1.4	Pengaruh Suhu Penyimpanan dan Pengemasan terhadap Vitamin C .....	64
4.2.	Tinjauan Hasil Penelitian Dalam Perspektif Islam.....	68

### **BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Kesimpulan .....	71
5.2	Saran.....	71

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	72
-----------------------------	----

<b>LAMPIRAN</b> .....	75
-----------------------	----

## ABSTRAK

Husna, Izzul. 2008. **Pengaruh Suhu Penyimpanan dan Pengemasan terhadap Kesegaran Brokoli** (*Brassica oleracea* L var. Royal green)  
Pembimbing : Ir. Lilik Harianie dan Ach. Nasichuddin, M.A

Kata Kunci : Suhu Penyimpanan, Pengemasan, Kesegaran

Hasil-hasil pertanian setelah di panen masih melakukan aktifitas hidupnya yaitu respirasi. Proses respirasi akan menguraikan senyawa-senyawa yang kompleks seperti, pati, gula dan asam organik dengan bantuan oksigen (oksidatif) menjadi senyawa yang sederhana, seperti karbondioksida, air dan molekul lainnya yang dipakai dalam proses sintesa pada komoditas tersebut. Suhu penyimpanan yang rendah merupakan cara terbaik untuk mengawetkan sayuran agar produk selepas panen tetap tahan lama, karena reaksi enzimatik (respirasi) akan terkendali. Pengemasan menggunakan plastik polyethilen memberikan perlindungan yang baik pada bahan yang dikemas, menahan air, rapat dalam bentuk pengemasan, sehingga proses biologis juga ikut terhambat. Pada suhu penyimpanan dan pengemasan memberikan pengaruh besar pada sayuran segar.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan tiga ulangan. Sedangkan yang digunakan perlakuan adalah brokoli dikemas dengan plastik polyethilen dan tidak dikemas serta dengan perlakuan suhu penyimpanan 0 °C, 5 °C, 10°C dan 26 °C (suhu kamar) sebagai perlakuan kontrol. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni-Juli 2008 di Laboratorium Kimia Universitas Islam Negeri Malang. Penelitian menggunakan Analisis Variansi (ANOVA) dengan uji lanjut Duncan taraf 5% dengan program SPSS.

Hasil Penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan suhu penyimpanan dan pengemasan (dikemas dan tidak dikemas) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kesegaran brokoli yang berupa kadar CO<sub>2</sub>, kadar air, warna dan vitamin C.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Menurut Al-Fauzan (2005), Allah SWT menciptakan segala yang ada di muka bumi ini untuk memenuhi kebutuhan manusia. Oleh karena itu, sebagai manusia harus dapat memanfaatkan dengan sebaik-baiknya, perwujudan pemanfaatan nikmat Allah SWT adalah memperhatikan makanan untuk menjaga kesehatan tubuhnya. Sebagaimana yang telah difirmankan Allah dalam surat 'Abasa sebagai berikut:

فَلْيَنْظُرِ الْإِنْسَانُ إِلَى طَعَامِهِ ۚ

Artinya: “Maka hendaklah manusia itu memperhatikan makanannya” (Q.S. 'Abasa: 24).

Brokoli merupakan anggota dari tanaman kubis-kubisan (*Cruciferae*) yang biasa dikonsumsi dalam keadaan segar dan belum terdapat perubahan, seperti pembusukan atau tidak terjadi perubahan warna yang asalnya hijau menjadi kuning. Bunga brokoli bermacam-macam sesuai dengan varietasnya, seperti warna hijau tua varietas *Sakata*, hijau muda varietas *Green mountain*. hijau kebiru-biruan varietas *Royal green*, hijau keunguan *Green king*. Bunga dan tangkai brokoli tersebut merupakan bagian yang dikonsumsi masyarakat karena kandungan gizi dalam brokoli cukup tinggi nilainya untuk meningkatkan kesehatan tubuh, seperti vitamin A, vitamin C, dan beberapa mineral yaitu thiamin, niasin, kalsium, dan zat besi dalam jumlah yang cukup memadai (Rukmana, 1994).

Brokoli varietas *Royal green* adalah salah satu varietas yang banyak dikembangkan khususnya di daerah Sumber Rejo Kota Batu yang berada pada ketinggian 800-1700 mdpl. Rudi ketua GAPOKTAN (Gabungan Kelompok Tani ) mendeskripsikan bahwa brokoli varietas *Royal green* mempunyai ciri-ciri berwarna hijau kebiru-biruan, tangkai bunga lebih rapat dan pendek, tekstur bunga rata, umur panen sedang, tahan terhadap hama ulat *Plutella*, toleran terhadap penyakit busuk hitam *Santhomonas*, harga jual cukup tinggi, dan termasuk varietas yang lebih unggul dibandingkan dengan varietas-varietas lain, seperti varietas *Sakata*, *Green king*, *Green mountain*.

Brokoli adalah salah satu sayuran bunga yang mudah rusak, karena bunga brokoli tersusun atas jaringan muda yang masih aktif dalam proses biologis (reaksi enzimatis/biokimia), sehingga perlu suatu upaya agar sayur brokoli tetap terjaga keseegarannya atau tidak cepat rusak. Kerusakan ini disebabkan oleh beberapa factor yaitu mekanis dan biologis. Nilai kesegaran pada brokoli bisa diketahui dari laju respirasi, yang akan mempengaruhi susut berat, tekstur, kadar air, perubahan warna, kandungan vitamin C atau aktifitas fisiologis maupun mikrobiologis semakin meningkat (Rukmana, 1994). Untuk menjaga agar produk selepas panen tetap tahan lama, maka proses metabolisme harus ditekan serendah mungkin dengan cara penyimpanan dan pengemasan (Ashari, 2006).

Perlakuan pasca panen bertujuan untuk mengurangi proses terjadinya respirasi dan transpirasi. Dengan terhambatnya kedua proses tersebut, maka proses biologis (reaksi enzimatis/biokimia) yang terjadi didalam brokoli juga ikut terhambat (Cahyono, 2001).

Penyimpanan suhu rendah disertai dengan pengemasan yang menggunakan plastik polietilen adalah salah satu proses yang bisa mengurangi laju respirasi karena pori-porinya tertutup sehingga konsentrasi CO<sub>2</sub> atau kadar air terkendali dalam bungkus plastik. Dengan demikian, disamping ketersediaan O<sub>2</sub> terbatas bagi berlangsungnya proses respirasi bakteri aerob yang telah menempel ke dalam batang brokoli akan terhambat pertumbuhannya karena tidak bisa mengambil O<sub>2</sub> dari udara. Berdasarkan penelitian Kim, dkk (2002) bahwa pengemasan disertai dengan temperatur yang tepat bisa mempertahankan kualitas selada sehingga kandungan vitamin maupun kadar air didalamnya dapat terjaga dan juga terhindar dari bakteri sehingga tidak terjadi kebusukan pada selada. Pengemasan tidak hanya dapat melindungi komoditas dari kerusakan biologis dan fisiologis akan tetapi juga memberikan daya tarik tersendiri bagi konsumen, dan memudahkan di dalam penataan pada saat pemasaran, terutama penataan di supermarket (Cahyono, 2001).

Berdasarkan penelitian Hendiwinata (2007) bahwa pengamatan pengukuran CO<sub>2</sub> dilakukan 3-12 jam setelah perlakuan, untuk mengetahui berapa besar CO<sub>2</sub> yang dikeluarkan pada waktu respirasi dan apabila pada pengamatan dengan batas waktu yang lama maka CO<sub>2</sub> akan meningkat sehingga CO<sub>2</sub> bersifat jenuh yang bisa menyebabkan kelayuan.

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan berjudul **“Pengaruh Suhu Penyimpanan dan Pengemasan terhadap Kesegaran Brokoli (*Brassica Oleracea* L. Var. Royal green )**

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Adakah pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan terhadap kesegaran brokoli?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui adanya pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan terhadap kesegaran brokoli.

## 1.4 Hipotesis

Hipotesis yang digunakan di dalam penelitian ini adalah suhu penyimpanan dan pengemasan memberikan pengaruh yang berbeda pada kesegaran brokoli.

## 1.5 Batasan Masalah

Agar masalah dalam penelitian ini jelas, maka perlu diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Brokoli varietas *Royal green* diambil dari Desa Sumber Rejo, Kota Batu dengan interval pengambilan bahan satu minggu sekali pada umur panen yang sama.
2. Perlakuan suhu adalah 0°C, 5°C, 10°C, dan kontrol (disimpan pada suhu kamar 25°C - 27°C).

3. Brokoli dikemas menggunakan plastik Polietilen
4. Parameter kesegaran brokoli yang diamati meliputi laju respirasi diuji dengan mengukur kadar CO<sub>2</sub> setelah 6 jam penyimpanan, kadar air, warna dan vitamin C.

### **1.6 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi dasar untuk pengembangan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh suhu penyimpanan terhadap laju respirasi pada brokoli baik yang dikemas maupun tidak dikemas.
2. Memberikan sumbangan bagi pengajaran biologi khususnya pada mata kuliah Fisiologi Tumbuhan.
3. Diharapkan dapat memberikan informasi bagi produsen atau distributor brokoli tentang manfaat suhu penyimpanan pada komoditas yang dikemas terhadap laju respirasi brokoli yang bertujuan untuk mempertahankan mutu atau kesegaran brokoli.

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Klasifikasi Tanaman Brokoli**

Menurut Cahyono (2001) klasifikasi tanaman brokoli adalah sebagai berikut:

Devisi	: Sphermatophyta
Subdevisi	: Angiospermae
Klas	: Dicotyledonae
Famili	: Cruciferae
Genus	: Brassica
Spesies	: <i>Brassica oleraceae</i> L.
Varietas	: <i>Brassica oleraceae</i> L var. Royal green.

#### **2.2 Morfologi Tanaman Brokoli**

Brokoli memiliki akar serabut dan akar tunggang. Akar tunggang tumbuh ke pusat bumi, sedangkan akar serabut tumbuh ke arah samping, menyebar dan dangkal (20 cm – 30 cm). Sistem perakaran yang dangkal itu membuat tanaman ini dapat tumbuh dengan baik apabila ditanam pada tanah yang gembur dan porous. Batang tumbuh tegak dan pendek ( $\pm$  30 cm), batang tersebut berwarna hijau, tebal, lunak, namun cukup kuat dan bercabang samping. Batang tersebut halus tidak berambut, dan tidak begitu tampak jelas karena tertutup oleh daun-daun (Cahyono, 2001).



Gambar 2.1 Brokoli (*Brassica oleracea* L var. Royal green)

Daunnya berbentuk bulat telur (oval) dengan bagian tepi daun bergerigi agak panjang dan membentuk celah-celah yang menyirip agak melengkung ke dalam. Daun berwarna hijau dan tumbuh berselang-seling pada batang tanaman, tangkainya agak panjang dengan pangkal daun yang tebal dan lunak. Daun-daun yang tumbuh pada pucuk batang sebelum masa bunga terbentuk, berukuran kecil dan melengkung ke dalam melindungi bunga yang sedang mulai tumbuh. Bunga brokoli merupakan kumpulan masa bunga yang berjumlah lebih dari 5.000 kuntum bunga bersatu dan membentuk bulatan tebal serta padat (kompak). Warna bunga sesuai dengan varietasnya, ada yang memiliki masa bunga hijau muda, hijau tua, hijau kebiru-biruan (ungu). Berat berkisar 0,6 - 0,8 kg dengan diameter antara 18 – 25 cm, tergantung pada varietasnya (Rukmana, 1995).

Pada kondisi lingkungan yang sesuai, bunga brokoli dapat tumbuh memanjang menjadi tangkai bunga yang penuh dengan kuntum bunga. Tiap bunga terdiri atas 4 helai daun kelopak (*Calyx*), 4 helai daun mahkota bunga (*Corolla*), 6 benang sari yang komposisinya 4 memanjang dan 2 pendek. Bakal buah terbagi menjadi dua ruang, dan setiap ruang berisi bakal biji. Buahnya terbentuk dari hasil penyerbukan bunga yang terjadi karena penyerbukan sendiri ataupun penyerbukan silang dengan bantuan serangga lebah madu. Buah berbentuk polong, berukuran

kecil, dan ramping, dengan panjang antara 3 cm – 5 cm. Di dalam buah tersebut terdapat biji berbentuk bulat kecil, berwarna coklat kehitam – hitaman. Biji – biji tersebut dapat di pergunakan sebagai benih perbanyak tanaman (Cahyono, 2001).

### 2.3 Varietas Brokoli

Menurut Rukmana (1994) brokoli mempunyai varietas yang bunganya bermacam-macam. Ada varietas yang bertunas utama besar dengan sedikit tunas samping, tetapi ada pula yang mempunyai tunas utama kecil dengan tunas sampingnya banyak. Warna massa bungapun bervariasi., antara lain hijau muda, hijau tua, kebiru-biruan dan ungu. Beberapa varietas brokoli yang pernah terkenal adalah *Waltham 29*, *De Cicco*, dan juga *Midway*, *Green Mountain* serta *Grend Central*, *Royal green*, *sakata*.

Perkembangan dari waktu ke waktu menyebabkan terjadinya pergeseran atau pergantian varietas ke arah yang diinginkan oleh konsumen. Seiring dengan hal itu, beberapa negara produsen benih sayuran komersial telah menghasilkan varietas-varietas unggul terbaru, baik hibrida maupun non hibrida (Rukmana, 1994).

Brokoli yang berasal dari Amerika antara lain varietas *Asgrow's futura*, *Orion*, *Apollo* dan *Gem*. Dalam perkembangan selanjutnya, banyak negara didunia yang memproduksi benih-benih brokoli unggul, kemudian diperkenalkan ke berbagai negara yang telah diketahui potensial untuk pengembangan komoditas tersebut (Rukmana, 1994).

## 2.4 Kandungan Brokoli

Menurut Rukmana (1994) brokoli memiliki komposisi kandungan zat gizi yang lengkap dan cukup tinggi nilainya, dengan demikian, sayuran ini sesuai dikonsumsi untuk meningkatkan kesehatan masyarakat. Secara lengkap, zat-zat yang terkandung dalam brokoli dapat dilihat dalam Tabel 2.1. Brokoli mengandung bermacam-macam zat gizi yang sangat bermanfaat bagi kesehatan tubuh, sebagai contoh, kalori dan karbohidrat berperan dalam meningkatkan proses metabolisme tubuh, misalnya proses pencernaan, pernafasan, dan lain-lain.

Tabel 2.1 Kandungan Zat Gizi Brokoli dalam 100g bahan

Komposisi gizi	Kubis bunga		Brokoli
Kalori (cal)	25,0	31,0	23,0
Protein (gr)	2,4	2,4	3,5
Lemak (gr)	0,2	0,4	0,2
Kabohidrat (gr)	4,9	6,1	2,0
Serat (gr)	-	0,6	-
Abu (gr)	-	0,8	-
Kalsium (mg)	22,0	34,0	78,0
Fosfor (mg)	72,0	50,0	74,0
Zat Besi (mg)	1,1	1,0	1,0
Natrium (mg)	-	8,0	40,0
Kalium (mg)	-	314,0	360,0
Niacin (mg)	-	0,7	0,6
Vitamin A (S.I.)	90,0	95,0	3800,0
Vitamin B1 (mg)	0,1	0,1	0,1
Vitamin B2 (mg)	-	0,1	0,1
Vitamin C (mg)	69,0	90,0	110,0
Air (gr)	91,7	90,3	90,0

Sumber. 1) Direktorat Gizi Dep. Kes. R.I (1981)

2) Food and nutrition Research Center, Handbook No.I Manila, 1964  
in Knott J.E & Jose R. Deanon, JR (1967).

Sebagai makanan, brokoli biasanya direbus atau dikukus, atau dapat pula dimakan mentah. Brokoli mengandung vitamin C dan serat makanan dalam jumlah banyak. Brokoli juga mengandung senyawa glukorafanin, yang merupakan bentuk alami senyawa antikanker sulforafana (*sulforaphane*). Selain itu, brokoli mengandung senyawa isotiosianat yang diolah memiliki aktivitas antikanker, sebagaimana sulforafana.

Brokoli juga merupakan sumber penting protein, tiamin, riboflavin, niasin, kalsium, besi, magnesium, fosfor, dan zink, serta sangat baik sebagai sumber serat makanan, vitamin B6, asam folat, asam pantotenat, dan kalium. Sayur ini mengandung sedikit lemak jenuh, dan sangat sedikit kolesterol (kurang dari 1 g per kg) (Widiarnako dkk, 2002).

## **2.5 Standar Kualitas**

Menurut Apandi (1984), pasaran buah-buahan dan sayuran dalam tingkat internasional, sehingga adanya suatu standar kualitas internasional bagi suatu komoditi sangat diperlukan. Badan-badan internasional bagi suatu komoditi sangat diperlukan. Badan-badan internasional seperti organisasi pangan dan pertanian (FAO = *Food and Agriculture Organization*) telah dan terus mempersiapkan standar-standar berbagai komoditi dalam bentuk *Codex Alimentarius*.

Komite yang bertugas mempersiapkan standar bagi buah-buahan dan sayuran segar adalah *Economic Commission for Europe* (ECE). Standar-standar yang telah ditetapkan oleh ECE telah banyak yang kemudian diterima oleh

“*Organization for Economic Cooperation and Development*” (OECD), suatu badan yang selain mencakup Eropa, juga meliputi Amerika dan Kanada.

Tabel 2.2 Klasifikasi atribut-atribut kualitas

	Atribut	Cara
Aspek Organoleptis	Penampilan	Dilihat
	- Besarnya dan bentuknya	Dilihat
	- Cacad	
	- Warna	
Flavor	- Kilap	
	Cium dan rasa	
	- Bau	
Tekstur	- rasa	
	- Perasaan tangan	
	- Perasaan mulut	Dirasa dan diraba
Non-organoleptis		

## 2.6 Penanganan Pasca Panen

Penanganan pasca panen ialah segala upaya untuk menyiapkan hasil produksi pertanian setelah pemanenan, yang dimulai dari pengumpulan hasil dan akan berakhir pada tahap pemasaran. Macam upaya ini tergantung dari jenis bahan pangan hasil panen tersebut, diantaranya pengeringan, pengangkutan (transpor), penyimpanan, seleksi dan *conditioning* (bagi keperluan perdagangan pangan) (Cahyono, 2001).

Tujuan utama pasca panen adalah untuk menyiapkan hasil panen agar tahan disimpan jangka panjang tanpa mengalami kerusakan terlalu banyak dan dapat dipasarkan dalam kondisi baik, tidak banyak terbuang karena rusak. Penanganan pasca panen bahan makanan dan hasil panen lainnya di Indonesia belum mencapai taraf yang diinginkan. Setiap tahun masih terlalu banyak bahan

makanan hasil panen yang terbuang karena rusak dalam penyimpanan atau tercecer ketika diangkut (Sediaoetama, 2000)

Menurut Rubatzky (1998), Kubis dan *kolrabi* memiliki sifat pasca panen yang baik, dalam hal lamanya kualitas produk dapat dipertahankan karena laju respirasinya yang tinggi. Tanaman kubis-kubisan seperti kubis bunga, brokoli, kale, dan *collard* cenderung cepat mengalami desikasi. Karena itu, penyimpanan pada suhu rendah sangat diperlukan pada komoditas ini. Pada brokoli biasanya disimpan kurang dari 1 minggu pada suhu 0-5°C atau pada suhu rendah. Tanaman kubis-kubisan sering dikemas untuk mempertahankan kesegarannya dan kerusakan jaringan.

Pada saat sayuran dan buah-buahan dipanen akan mengalami perubahan mutu atau kualitas. Mutu sayuran dan buah-buahan tersebut berangsur-angsur turun sejalan dengan transpirasi, respirasi, perubahan fisika dan biokimia yang lain terjadi. Akhirnya oleh aktivitas enzim dan mikroorganisme perusak, produk hasil tanaman akan mencapai suatu titik kerusakan yang tidak dapat lagi diterima oleh konsumen atau oleh pengolah. Selama pertumbuhan dan pemasakan, sayuran dan buah sangat bergantung pada fotosintesis dan penyerapan air maupun mineral tanaman induknya. Tetapi setelah pemetikan, buah atau sayuran merupakan suatu unit tersendiri yang tidak lagi bergantung pada tanaman induknya sehingga proses respirasi dan transpirasi merupakan fungsi utamanya (Harris dkk, 1989).

## 2.7 Penyimpanan

Penyimpanan yang biasa dilakukan ialah dalam refrigerator atau ruang pendingin. Cara ini sangat efektif untuk mencegah kerusakan hasil panen. Jenis tanaman sayur, seperti buncis, selada, brokoli, serta sayuran lainnya baik disimpan pada suhu rendah atau pada kondisi sejuk (dibawah 10°C) karena bisa mengurangi kerusakan hasil panen yang disebabkan oleh mikroorganisme. (Ashari, 2006).

Penyimpanan dalam suhu dingin merupakan cara terbaik untuk mengawetkan sayuran. Rasa/bau, warna, bentuk, tekstur dan nutrisi sayuran biasanya masih seperti semula bila disimpan dalam suhu dingin, tidak sebagaimana dengan cara penyimpanan lainnya. Penyimpanan pada suhu dingin tidak dapat meningkatkan kualitas produk. Oleh karenanya, sayuran yang akan disimpan dalam suhu dingin harus dipanen pada saat kondisi prima. Sebaiknya dilakukan panen pada pagi hari dan segera disimpan dan dimasukkan dalam refrigerator untuk mempertahankan kualitasnya serta mencegah kehilangan vitaminnya (Ashari, 2006).

Penyimpanan dapat bersifat jangka pendek dan jangka panjang. Kegiatan yang sementara diperlukan untuk komoditi yang mudah rusak, yang memerlukan pemasaran segera. Tujuan penyimpanan jangka menengah adalah mengendalikan melimpahnya komoditi ke pasaran tanpa terlalu banyak menimbulkan kemunduran mutu. Kegiatan ini dapat berlangsung dari 1 sampai 6 minggu, bergantung pada keperluannya. Buah mangga, papaya, kubis bunga, kubis, brokoli, tomat dan buncis diangkut keruang-ruang penyimpanan jangka pendek. Komoditi seperti apel, jeruk, bawang merah, bawang putih, wortel dll disimpan

waktu-waktu yang lebih lama. Kegiatan inilah yang disebut dengan penyimpanan jangka panjang (Pantastico, 1993).

Berdasarkan penelitian Zainal (2004) bahwa penyimpanan buah anggur pada suhu dingin yang stabil dapat memperpanjang daya simpan buah dilihat dari segi penurunan berat atau kadar air. Kehilangan air sebanyak 2-6% bisa menyebabkan penurunan kualitas.

Tujuan utama penyimpanan adalah pengendalian laju transpirasi, respirasi, infeksi, dan mempertahankan produk dalam bentuk yang paling berguna bagi konsumen. Umur simpan dapat diperpanjang dengan pengendalian penyakit-penyakit pasca panen, pengaturan atmosfer perlakuan kimia, penyinaran, pengemasan serta pendinginan (Pantastico, 1993).

a. Keuntungan penyimpanan

Keuntungan utama penyimpanan brokoli pada 5 sampai 20% CO<sub>2</sub> adalah dipertahankannya warna hijau, kelunakan, dan diperlambatkannya pertumbuhan jamur (Leberman dkk, 1968 dalam Pantastico 1993).

Berdasarkan penelitian Lemoine, *et all* (2008) efek dari kombinasi sinar UV-C (5, 8 dan 10 kJm<sup>-2</sup>) dan penyimpanan pada air panas dengan temperatur 42, 45, 48°C pada brokoli dapat terjadi proses penurunan kualitas yang sangat tinggi, akan tetapi dapat memperlihatkan hasil uji organoleptik (warna, klorofil, protein) sangat kecil.

b. Kerusakan karena suhu dingin

Jenis buah-buahan tertentu, terutama buah-buahan tropika tidak tahan terhadap penyimpanan dalam suhu dingin, diantaranya avokad, pisang, pepaya,

nanas, melon, dan semangka. Jenis buah-buahan tersebut selama penyimpanan tidak tahan terhadap suhu di bawah 10°C. Buah yang tidak tahan disimpan pada suhu dingin biasanya mengalami perubahan warna kulit buah menjadi kecoklatan, kisut dan tidak matang sempurna ( seperti avokad) (Ashari, 2006).

c. Kerusakan karena suhu beku

Kerusakan hasil panen yang diakibatkan oleh suhu beku terjadi karena di dalam jaringan terbentuk lapisan es. Setiap jenis hasil panen mempunyai daya toleransi yang berbeda terhadap kondisi suhu beku ini. Beberapa jenis bahan yang tidak tahan dalam penyimpanan suhu beku di antaranya pir, apel, jeruk, buncis, pisang, avokad (Ashari, 2006).

## **2.8 Perubahan Pada Penyimpanan**

Salah satu perubahan yang sangat mencolok selama penyimpanan adalah susut berat dan pigmen (zat warna). Dengan turunnya kandungan klorofil, maka pigmen-pigmen lainnya dapat bertambah ataupun berkurang pada suhu simpan, kemasan, dan varietasnya. Buah-buah tomat yang sangat kecil dan belum masak yang disimpan pada suhu 50°F lebih lama menjadi kuning daripada buah-buah yang lebih besar. Buah pisang di daerah tropika tidak mengalami kehilangan warna hijaunya, tetapi tetap mempertahankan warna hijaunya bahkan sesudah melewati tingkat ranum. Tetapi penyimpanan pada suhu 64°F memacu pembongkaran klorofil, dengan demikian timbul warna kuning tua yang disukai orang, yang berhak harga jual tinggi (Pantastico, 1993).

## 2.9 Pengemasan

Menurut Jaya (2003), jenis kemasan dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu:

1. Kemasan kedap uap air, contohnya aluminium dan kaleng seng
2. Kemasan yang resisten terhadap kelembaban, contohnya plastic polyethilen
3. Kemasan *porous* atau sarang penuh, contohnya kain dan kertas

Pengemasan yang baik dapat melindungi barang segar dari pengaruh lingkungan (sinar matahari, kelembaban) dan dari pengaruh-pengaruh lain. Pencegahan terjadinya kememaran dari goresan-goresan merupakan hal-hal yang sangat penting, karena barang-barang yang mengalami kerusakan mekanik dapat ditolak oleh pembeli. Pengemasan dapat mengurangi susut berat dan dengan demikian mencegah terjadinya dehidrasi, terutama digunakan bahan penghalang lengas uap air (Harndenburg, 1971 dalam Pantastico 1997).

Berdasarkan penelitian Rosa (2006) keuntungan utama dari pengemasan adalah baik untuk konsumsi dan dapat memperpanjang umur ketahanan komoditi yang bersangkutan. Kehilangan lengas yang disusul dengan laju atau kisutnya barang merupakan sebab hilangnya kesegaran. Hilangnya air mempengaruhi kenampakan, tekstur, dan kemungkinan laku dijual.

Pengemasan dalam bungkus plastik dapat timbul udara termodifikasi yang menguntungkan. Udara yang telah mengalami perubahan itu menghambat pematangan dan memperpanjang umur simpan hasil-hasil seperti tomat dan pisang. Pengemasan memberikan keuntungan-keuntungan dari segi kesehatan.

Setiap wadah tertutup dapat ikut membantu menghindarkan barang dari debu atau terhindar dari kontaminasi zat-zat yang ada (Susanto, 1994).

Kemasan-kemasan untuk konsumen terdiri atas jenis-jenis berikut: (a) kantong terbuat dari kertas, film, atau jala katun atau plastik, (b) nampan dari kertas, karton, plastik, atau busa plastik, (c) kardus karton lipat, kadang-kadang dengan jendela plastik tembus cahaya atau sekat-sekat untuk pemisahan masing-masing buah, dan (d) keranjang segi empat atau bulat kecil, cawan atau mangkuk kertas, plastik, bilahan kayu tipis, atau lembaran-lembaran karton tebal yang dilapisi atau di beri lilin. Nampan-nampan plastik yang di bentuk dengan vakum dapat di buat dari polistiren atau polipropilen (Pantastico, 1993).

Berbagai macam bahan pengemas dapat digunakan untuk mengemas masa broccoli, misalnya papan kayu, bambo yang dianyam menjadi keranjang, karton, plastik biasa atau plastik PE, dan sebagainya. Penyimpanan dengan menggunakan kantong plastic juga dapat menghambat proses pematangan masa bunga broccoli. Kantong plastic yang digunakan dapat berupa kantong plastic biasa dengan ketebalan 0,02 mm atau kantong plastik Poly Ethylene (PE) dengan ketebalan 0,03 mm ( Cahyono, 2001).

Menurut Pantastico (1993) penggunaan plastik sebagai bahan pengemas memungkinkan banyak variasi dan serbaguna untuk melindungi, mengawetkan, memproses, menyimpan, mengukur, menyampaikan dan memamerkan hasil-hasil.

a. Jenis-jenis bahan kemasan yang berupa plastik lentur

1. Polietilen (Kepadatan Rendah)

Film ini paling banyak digunakan untuk pembuatan kantung-kantung bagi konsumen. Bahan ini kuat, kedap air, tahan terhadap zat-zat kimia, dan murah. Beberapa kantung jala juga terbuat dari plastik polietilen. Polipropilen cetak kadang-kadang digunakan untuk wadah hasil-hasil yang ringan seperti slada, spinasi, dan sayuran hijau lainnya.

2. Selofan

Selofan (Selulosa yang direfrigasi) dengan berbagai jenis dengan ciri-ciri yang berbeda-beda digunakan untuk membungkus nampan-nampan, pembuatan kantung-kantung atau sebagai tutup keranjang-keranjang. Bahan ini tidak dapat dilekatkan dengan pemanasan, tidak dapat ditembus gas-gas kering, tetapi dapat ditembus oleh gas-gas lembab, proporsional dengan daya larut gas itu larut dalam air. Oleh karena selofan tidak kedap air, selofan yang digunakan pada hasil pertanian biasanya dilapisi oleh nitro-selulosa agar plastik itu kedap air.

3. Hidroklorida Karet (plio film)

Suatu jenis film kuat lainnya yang mempunyai sifat kedap air berupa polietilen adalah pliofilm. Digunakan wadah pro-komoditi serupa yang lebih berat. Bahan ini tidak tembus udara, air, dan cairan-cairan.

4. Film Polivinil Klorida (PVC)

Bahan ini merupakan film yang lebih banyak digunakan sekarang ini untuk membungkus barang-barang yang segar, biasanya digunakan sebagai bahan

pelapis dan mudah mengkerut. Beberapa jenis PVC (misalnya asetat selulosa) relatif mudah di tembus O<sub>2</sub> dan uap air. Film ini memberikan kenampakan sebagai kemasan yang rapat, dan dapat menyusut oleh pemanasan bila terkena sinar matahari.

Menurut Cahyono, (2001). Beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dari pengemasan yang baik, adalah sebagai berikut:

- a. Brokoli yang dikemas dapat terhindar dari kerusakan mekanis, kerusakan fisiologis, maupun kerusakan mikrobiologis.
- b. Kesegaran atau kualitas sayur dapat dipertahankan hingga sampai ke konsumen (pasar) sehingga tidak menurunkan nilai jualnya.
- c. Dengan pengemasan akan memudahkan dalam penyimpanan dan pengangkutan.

Diantara bahan pengemas tersebut yang banyak digunakan adalah plastik polyethylene, menurut Winarno, (1991) plastik polyethylene berdensitas rendah (low density polyethylene/LDPE) merupakan plastik tipis yang murah dengan kekuatan tegangan yang sedang, terang dan merupakan penahan air dan digunakan untuk mengemas produk segar dan dicetak menjadi berbagai bentuk kemasan terutama bagi keperluan suhu rendah (Winarno, 1991).

Plastik polyethylene banyak digunakan dalam industri pengemasan, karena merupakan plastik fleksibel yang terbuat dari polimer hidrokarbon dengan ikatan lurus (CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>)(Hanion, 1994 *dalam* Widarni, Tanti, 2004). Keuntungan plastik polyethylene adalah memberikan perlindungan yang baik untuk bahan pengemas, penahan air, rapat dalam bentuk pengemasan (Wootton *dkk*, 1987).

## 2.10 Pendinginan

Berdasarkan Penelitian Tawali *dkk* (2004) buah-buahan dan sayur-sayuran memerlukan pendinginan yang relatif cepat untuk mempertahankan kualitasnya. Penggunaan suhu rendah merupakan cara yang efektif untuk memperpanjang daya simpan bahan segar. Penggunaan suhu rendah pada prinsipnya akan menurunkan semua kegiatan metabolisme, termasuk menunda proses pemasakan bahan.

Menurut Pantastico (1993) pertumbuhan bakteri di bawah suhu 10°C akan semakin lambat dengan semakin rendahnya suhu. Pada saat air dalam bahan pangan membeku seluruhnya, maka tidak ada lagi pembelahan sel bakteri. Pada sebagian bahan pangan air tidak membeku sampai suhu -9,5°C atau di bawahnya karena adanya gula, garam, asam dan senyawa terlarut lain yang dapat menurunkan titik beku air. Lambatnya pertumbuhan mikroba pada suhu yang lebih rendah ini menjadi dasar dari proses pendinginan dan pembekuan dalam pengawetan pangan. Proses pendinginan dan pembekuan tidak mampu membunuh semua mikroba, sehingga pada saat dicairkan kembali (*thawing*), sel mikroba yang tahan terhadap suhu rendah akan mulai aktif kembali dan dapat menimbulkan masalah kebusukan pada bahan pangan yang bersangkutan.

Pendinginan dapat memperpanjang masa simpan sayuran dan buah-buahan. Namun tidak semua sayuran dan buah-buahan dapat disimpan dipertahankan kualitasnya. Pendinginan umumnya merupakan suatu metode pengawetan yang ringan, pengaruhnya kecil sekali terhadap mutu bahan pangan secara keseluruhan.

Oleh sebab itu pendinginan seperti di dalam lemari es dan freezer sangat cocok untuk memperpanjang kesegaran atau masa simpan sayuran dan buah-buahan (Pantastico, 1993).

Tergantung pada jenis bahan pangan, suhu yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat mempercepat kerusakan bahan pangan. Oleh karena itu, jika proses pendinginan atau pemanasan tidak dikendalikan dengan benar, maka dapat menyebabkan kerusakan bahan pangan.

### **2.11 Chilling Injury**

Pada umumnya hasil-hasil pertanian khususnya buah-buahan dan sayur-sayuran tropika sensitif terhadap pendinginan. Oleh karena itu penyimpanan pada suhu rendah akan menyebabkan kerusakan bahan pangan yang disebut *chilling injury*. Sebagai contoh, pisang yang disimpan di lemari es akan segera mengalami pencoklatan dan pelunakan (Heddy, 1994).

Penurunan suhu yang terlalu besar hanya dapat memperpanjang daya simpan dalam beberapa hari saja. Suhu penyimpanan yang rendah sekali dilakukan terlalu lama walaupun dapat mencegah proses pemasakan tetapi dapat menimbulkan kerusakan-kerusakan, misalnya pengeriputan kulit, pelunakan jaringan, dan juga perubahan warna (Hendiwinata, 2007).

Kegunaan suhu rendah pada tempat penyimpanan sebagian besar karena pengaruhnya dalam menurunkan kerja (aktivitas) enzim-enzim respirasi dengan enzim lain pada jaringan tumbuhan tingkat tinggi, bakteri, dan cendawan. Hubungan antara suhu dan respirasi serupa dengan hubungan antara suhu dan

reaksi kimiawi lainnya pada kisaran tertentu laju respirasi meningkat dua atau tiga kali lipat dengan setiap kenaikan suhu  $10^{\circ}\text{C}$  sampai suhu diatas  $37,8^{\circ}\text{C}$ . (Citrosomo, 1984).

Kerusakan karena pendinginan merupakan persoalan besar dalam penanganan pasca panen, karena kerusakan itu menyebabkan banyak komoditi tidak mungkin disimpan pada suhu yang sebenarnya dapat memperpanjang komoditi itu dengan cukup lama. Kerusakan karena pendinginan berbeda-beda tergantung pada jenis jaringan yang mengalami kerusakan. Pengeriputan lebih jelas tampak pada buah-buahan, seperti jeruk nipis, jeruk besar, mangga atau alpukat yang bagian paling luarnya lebih keras dan lebih tebal daripada lapisan-lapisan yang berbatasan. Hal ini adalah salah satu penyebab kerugian ekonomi yang besar bagi buah-buahan dan sayur-sayuran selama penyimpanan dan pengangkutan (Pantastico, 1993).

Suhu penyimpanan bahan mentah juga berpengaruh terhadap kerusakan mikrobiologis, fisiologis, fisis dan sebagainya. Suhu penyimpanan yang terlalu rendah akan menyebabkan adanya kerusakan fisis seperti *freezing injury* maupun *cilling injury* yaitu kerusakan karena pembekuan atau pendinginan. Masing-masing komoditi mempunyai ketahanan yang berbeda terhadap suatu suhu. Buah-buahan biasanya disimpan pada suhu dingin (didas 0°C) sedangkan ikan, udang dan sebagainya pada suhu pembekuan (dibawah 0°C), suhu yang terlampau tinggi pada proses pengolahan juga akan menyebabkan kerusakan pada komponen zat gizi seperti denaturasi protein, kerusakan vitamin. Dengan demikian perlu diinformasikan mengenai suhu pengolahan, sehingga diperoleh suatu penurunan

jumlah bakteri pembusuk dan aktifitas enzim, tetapi tidak merusak zat gizi bahan tersebut (Susanto dkk, 2004).

## **2.12 Pengendalian Kerusakan yang diakibatkan Pendinginan**

### **1. Pra-pengondisian Suhu**

Penurunan suhu secara bertahap sebelum disimpan berhubungan dengan jenis metabolisme pasca panen buah-buahan yang bersangkutan.

### **2. Pengaturan Kelembaban.**

Dengan pemberian fungisida, kelembaban yang mendekati 100% mempermudah terjadinya kerusakan oleh pendinginan, namun kelembaban rendah menguatkan gejala-gejalanya, sedangkan buah-buahan yang dalam kantong polietilen tidak mengalami kerusakan, pengaruh itu dianggap terjadi akibat suhu yang pada buah-buahan yang dalam kantong plastik lebih tinggi daripada buah yang tidak dimasukkan kantong. Dalam penelitian Morris dan Platinus (1938) dalam Pantastico (1993) memperoleh penurunan pengeriputan pada mentimun dan cabe dengan menaikkan kelembaban dalam penyimpanan 100%. Dan menunjukkan bahwa meskipun beratnya pengeriputan langsung berkorelasi dengan laju transpirasi, namun kehilangan air secara tepat tidak mengakibatkan pengeriputan, bila dalam waktu yang sama buah tidak berada dalam RH yang rendah. Jadi penurunan transpirasi dan bukan kelembaban tinggilah yang menyebabkan berkurangnya kerusakan akibat pendinginan.

### 3. Penyimpanan dengan Udara Terkendali

Perubahan atmosfer penyimpanan berpengaruh terhadap pengeriputan. Kandungan 7 % O<sub>2</sub> merupakan kandungan optimal untuk mencegah kerusakan akibat pendinginan (Pantastico, 1968). Suatu atmosfer yang terdiri atas O<sub>2</sub> murni mengakibatkan pengeriputan berat pada jeruk nipis, namun suatu atmosfer yang tidak mengandung O<sub>2</sub> sama sekali mengakibatkan pengeriputan yang lebih berat lagi (Pantastico, 1993).

### 4. Pemuliaan Untuk Memperoleh Galur-galur yang Tahan

Didalam penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sejumlah persentase tinggi dari hibrida-hibrida florida rentan terhadap pendinginan. Bukti-bukti menunjukkan adanya genotip-genotip yang berhubungan dengan ketahanan terhadap pendinginan (Pantastico, 1993).

## 2.13 Respirasi

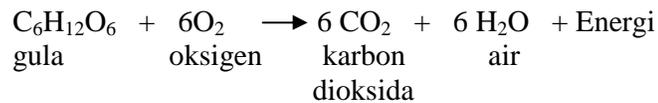
Menurut Susanto (1994), respirasi merupakan perombakan bahan yang lebih kompleks di dalam sel seperti, pati, gula dan asam organik dengan bantuan oksigen (oksidatif) menjadi molekul yang lebih sederhana, seperti karbondioksida, air, sekaligus yang dihasilkan energy dan molekul lainnya yang bisa dipakai sel dalam reaksi sintesa. Kecepatan respirasi buah dan sayur merupakan petunjuk yang jelas untuk mengetahui aktivitas metabolisme jaringan sel. Oleh sebab itu besar kecilnya hasil respirasi dipakai dasar untuk menentukan daya simpan buah dan sayur.

Respirasi merupakan proses penggabungan O<sub>2</sub> dari udara dengan unsur karbon di dalam jaringan terutama gula. Kegiatan respirasi ini merupakan kegiatan metabolisme yang penting, karena selama proses respirasi terjadi perubahan secara fisik, kimia, dan biologi pada produk segar yang disimpan. Laju respirasi dapat digunakan sebagai ukuran aktifitas fisiologis buah (Wills, *et all.* 1981 dalam Pantastico, 1993).

Berdasarkan penelitian Finger, *et all.* (1999) susunan tangkai bunga yang padat dan ruas yang pendek pada proses penyimpanan dapat mempengaruhi laju respirasi pada broccoli sehingga terjadi penurunan berat dan perubahan warna, dan bisa menyebabkan *senescence* .

Laju respirasi pada tiap jenis komoditi dapat berbeda-beda tergantung varietasnya. Perubahan laju respirasi dapat dipengaruhi dengan berkurangnya komposisi O<sub>2</sub> tergantung pada kondisi fisiologis buah. Pengukuran laju respirasi dengan jalan pertukaran gas merupakan cara yang paling tepat. Hampir semua energi yang dibutuhkan oleh buah dan sayuran diperoleh dari respirasi aerob yang meliputi perombakan oksida senyawa organik dalam jaringan (Wills, *et all.* 1981, dalam Pantastico, 1993).

Menurut Citrosomo (1984) respirasi berbeda dengan pembakaran karena energi gula yang direspirasikan diubah menjadi energi yang berguna untuk sel, bukan dilepaskan sebagai panas. Dalam respirasi, molekul gula, biasanya glukosa, diubah menjadi zat-zat lebih sederhana dengan disertai pembebasan energi. Proses ini dapat digambarkan dengan persamaan berikut:



Dari reaksi diatas, energi yang dihasilkan digunakan oleh buah untuk melangsungkan proses-proses metabolisme di dalam sel-selnya.

Laju respirasi jaringan tumbuhan dipengaruhi oleh suhu, kelembaban, adanya luka, umur dan jenis jaringan, konsentrasi karbondioksida dan oksigen, banyaknya bahan makanan yang tersedia, dan faktor-faktor lain. Semua faktor tersebut mempunyai arti praktis dan kegunaan langsung yang berkaitan dengan transport dan penyimpanan biji padi-padian, buah-buahan, dan sayur-sayuran (Citrosomo, 1984).

#### **2.14 Pengukuran Respirasi**

Besar kecilnya respirasi dapat di ukur dengan menentukan jumlah substrat yang hilang, O<sub>2</sub> yang diserap, CO<sub>2</sub> yang dikeluarkan, panas yang dihasilkan, dan energi yang timbul. Tetapi dalam praktek, jumlah air yang lepas tidak ditentukan oleh karena reaksi berlangsung dalam air sebagai medium, dan jumlah air yang dihasilkan reaksi yang hanya sedikit. Biasanya respirasi ditentukan dengan pengukuran CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub>, yaitu dengan pengukuran laju penggunaan O<sub>2</sub> atau dengan penentuan laju pengeluaran CO<sub>2</sub> (Pantastico, 1993)

Berdasarkan penelitian Thahir dkk (2005) Kadar CO<sub>2</sub> mangga arumanis selama penyimpanan 12 hari mengalami kecepatan respirasi yang bervariasi dalam kondisi yang alamiah yaitu suhu ruang. Menurut Apandi (1984) buah-buahan termasuk kelompok buah klimakterik khususnya mangga, di mana setelah

dipanen terjadi peningkatan respirasi yang mencolok bersamaan saat pemasakan yang disertai perubahan warna, cita rasa dan tekstur.

Pengukuran CO<sub>2</sub> merupakan laju respirasi yang dapat digunakan sebagai salah satu indikator terjadinya berbagai macam perubahan dan kemasakan. Hubungan antara proses pertumbuhan dengan jumlah CO<sub>2</sub> yang dihasilkan sejalan. Hal ini disebabkan karena laju respirasi berbanding lurus dengan jumlah produk CO<sub>2</sub>. Jumlah CO<sub>2</sub> yang dihasilkan terus menurun sampai mendekati proses kelayuan tiba-tiba produk CO<sub>2</sub> meningkat, kemudian turun lagi (Kays 1991).

### **2.15 Efek Fisiologi Konsentrasi CO<sub>2</sub>**

Bila kandungan CO<sub>2</sub> dalam atmosfer simpanan bertambah, jumlah CO<sub>2</sub> yang terlarut dalam sel atau tergantung dengan beberapa zat penyusun sel pun meningkat. Kandungan CO<sub>2</sub> dalam sel yang tinggi mengarah keperubahan-perubahan fisiologi (Soudain, 1974 dalam Pantastico, 1993).

CO<sub>2</sub> yang terlalu tinggi akan mengakibatkan kerusakan pada bahan. Berkurangnya O<sub>2</sub> dan bertambahnya CO<sub>2</sub> merupakan akibat dari respirasi jika buah-buahan atau sayur-sayuran disimpan dalam ruangan tertutup. Kontrol atau pengaturan ventilasi atau pengaturan komposisi O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> menghasilkan kontrol laju respirasi (Apandi, 1984).

### **2.16 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Respirasi**

Menurut Apandi (1984), faktor-faktor yang mempengaruhi respirasi adalah sebagai berikut:

## **a. Faktor-faktor Internal.**

### **1. Tingkat Perkembangan**

Variasi dalam laju respirasi terjadi selama perkembangan organ. Tentu saja dengan makin besarnya buah jumlah  $\text{CO}_2$  yang dikeluarkan bertambah juga. Tetapi dengan membesarnya buah, laju respirasi dihitung berdasarkan unit berat terus menurun. Untuk buah-buah pada puncak perkembangannya, laju respirasinya minimal pada tingkat kemasakan, dan setelah itu boleh dikatakan konstan, demikian pula sesudah pemanenan.

### **2. Susunan Kimiawi Jaringan**

Nilai RQ (Respiratory Quoient atau persamaan respirasi) bervariasi menurut jenis substrat yang sedang digunakan (dioksidasi). Biasanya nilai RQ lebih kecil dari satu bila substratnya lemak, sama dengan satu bila substrat gula, dan lebih besar dari satu bila substratnya asam lemak, sama dengan satu bila substrat gula, dan lebih besar dari satu untuk asam organik. Akan tetapi hal ini hanya benar dibawah kondisi alami yang normal.

Beberapa kondisi abnormal dapat mempengaruhi kecepatan respirasi. Sebagai contoh, pada suhu 100 F buah jeruk akan mempunyai  $\text{RQ} = 2$ . kelarutan oksigen yang rendah dapat menyebabkan terdapatnya kondisi anaerobic, sehingga terjadi akses karbon dioksida yang dikeluarkan dibandingkan dengan oksigen yang dikonsumsi.

Hubungan antara laju respirasi dengan susunan kimia diantara hasil-hasil budidaya pertanian bervariasi. Sebagai contoh dalam buah apel kandungan gula

berhubungan dengan aktivitas respirasi. Tetapi pada umbi-umbian tidak terdapat hubungan antara kadar karbohidrat dan aktivitas respirasi.

### **3. Ukuran Produk**

Kentang yang kecil mempunyai laju respirasi lebih besar daripada kentang yang besar. Seperti halnya dengan transpirasi, dalam hal ini mungkin ikut terlibat fenomena permukaan. Jaringan-jaringan yang kecil mempunyai permukaan lebih luas yang bersentuhan dengan udara, oleh karena itu lebih banyak  $O_2$  dapat berdifusi ke dalam jaringan.

### **4. Pelapisan Alami atau Kulit penutup alamiah**

Komoditi dengan kulit penutup yang baik akan mempunyai laju respirasi yang rendah. Hal ini mungkin disebabkan oleh banyaknya  $CO_2$  yang terkumpul didalam ruangan yang tertutup kulit yang menghambat laju respirasi. Pengupasan kulit akan mengakibatkan percepatan laju respirasi.

### **5. Jenis Jaringan**

Jaringan-jaringan muda yang aktif mengadakan metabolisme, akan memperlihatkan kegiatan respirasi yang lebih tinggi daripada organ-organ yang tidak aktif atau tidur. Respirasi dapat bervariasi pula menurut sifat jaringan di dalam organ, misalnya kegiatan respirasi dalam kulit, daging dan biji mangga berbeda-beda.

#### **b. Faktor-faktor Eksternal**

##### **1. Suhu**

Pada umumnya, laju respirasi secara normal bertambah dengan bertambah naiknya temperatur. Pada suhu antara  $0-35^{\circ}C$  laju respirasi dari buah-buahan dan

sayuran naik 2-2,5kali bagi tiap kenaikan 10°C. Pada buah-buahan klimakterik, penurunan temperatur akan memperlambat timbulnya peningkatan klimakterik dan juga menurunkan tingginya puncak klimakterik.

Penurunan ini mungkin merupakan pertanda bahwa: (a) O<sub>2</sub> tidak berdifusi cukup cepat untuk dapat mempertahankan laju respirasi yang ada; (b) CO<sub>2</sub> tertimbun di dalam sel sampai tingkat yang dapat menghambat metabolisme; (c) suplai bahan makanan yang dapat dioksidasi tidak cukup untuk mempertahankan laju respirasi yang tinggi. Pengaruh suhu lain lagi yang menimbulkan kerumitan ialah dampaknya terhadap keseimbangan antara zat pati dan gula. Bila umbi-umbi kentang didinginkan sampai sedikit di atas suhu pembekuan, sebagian cadangan zat patinya diubah menjadi gula. Dalam keadaan ini akan terjadi respirasi yang lebih giat daripada yang dapat diharapkan, oleh karena kandungan gula yang lebih banyak mengakibatkan pelepasan CO<sub>2</sub> yang lebih cepat (Pantastico, 1993)

## **2. Etilen (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)**

Pemberian etilen berpengaruh nyata terhadap waktu yang diperlukan untuk mencapai puncak klimakterik. Pada buah-buah klimakterik, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> hanya menggeser sumbu waktu, tidak mengubah bentuk kurva respirasi dan tidak menimbulkan perubahan pada zat-zat yang utama yang terkandung. Pada golongan tak klimakterik, respirasi dapat dipacu kapan saja selama hidup buah setelah dipetik. Peningkatan respirasi dengan segera terjadi setelah diberi C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>.

### **3. Oksigen yang tersedia**

Steward dkk (1936) *dalam* Pantastico (1993) melaporkan bahwa laju respirasi wortel meningkat dengan bertambahnya pemberian O<sub>2</sub>. Namun demikian, bila konsentrasi O<sub>2</sub> melebihi 20%, respirasi hanya terpengaruh sedikit saja. Dan puncak klimakterik alpukat terhambat dan tertekan bila kandungan O<sub>2</sub> dikurangi hingga lebih rendah daripada yang terdapat diudara.

### **4. Karbondioksida**

Konsentrasi CO<sub>2</sub> yang sesuai dapat memperpanjang umur simpan buah-buahan dan sayur-sayuran karena terjadinya gangguan pada respirasinya. Wardlaw (1940) dan Mann (1959) *dalam* Pantastico (1993) melaporkan adanya penurunan laju respirasi 50% pada pisang yang belum matang yang diperlakukan dengan CO<sub>2</sub> yang kadarnya bervariasi besar. Pada jeruk sitrun CO<sub>2</sub> 5% telah menurunkan kegiatan respirasi, namun pada konsentrasi CO<sub>2</sub> 10% tercatat adanya sedikit kenaikan respirasi.

### **5. Zat-zat pengatur tumbuhan**

Beberapa zat pengatur pertumbuhan dapat mempercepat atau memperlambat respirasi. Pengaruhnya berbeda-beda pada jaringan yang berlainan, dan bergantung pada waktu pemberian kuantitas dan kualitas yang diserap oleh tanaman.

### **6. Kerusakan buah**

Bergantung pada varietas buahnya dan parahnya luka kerusakan dapat memacu respirasi, mungkin sebagai akibat pengaruh etilena secara tak langsung.

Jatuhnya buah dengan perlahan atau gesekan permukaan buah dapat mengakibatkan melonjaknya respirasi.

## 2.17 Makanan Dalam Persepektif Islam

Segala sesuatu yang ada di bumi telah diciptakan sesuai dengan kebutuhan serta manfaatnya, contohnya makanan yang sebagai sumber dari kehidupan manusia sehingga kita diperintahkan memakan makanan yang halal dan baik, dua kesatuan yang tidak bisa dipisahkan yang dapat diartikan halal dari segi syariah dan baik dari segi kesehatan, gizi, estetika dan lainnya, sebagaimana anjuran dalam agama Islam.

Menurut Dewi, 2007, kata kehalalan, bahasa arab berasal dari kata *halla* yang berarti *lepas* atau *tidak terikat dengan ketentuan-ketentuan yang melarangnya*. Dapat juga diartikan sebagai segala sesuatu yang bebas dari bahaya dunia dan ukhrawi. Sedang kata *tayyib* berarti *lezat, baik, sehat, menentramkan dan paling utama*. Dalam konteks makanan kata *thayyib* berarti makanan yang tidak kotor dari segi zatnya atau rusak (kadaluarsa), atau bercampur benda najis. Ada juga yang mengartikan sebagai makanan yang mengundang selera bagi yang akan mengkonsumsinya dan tidak membahayakan fisik serta akalnya. Juga ada yang mengartikan sebagai makanan yang sehat, porposional, aman serta makanan sehat. Makanan sehat adalah makanan yang mengandung gizi cukup dan seimbang. Sebagaimana firman Allah SWT.

يَتَأْتِيهَا النَّاسُ كُلُّوْا مِمَّا فِي الْأَرْضِ حَلَلًا طَيِّبًا.....

Artinya: Hai sekalian manusia, makanlah yang halal lagi baik dari apa yang terdapat di bumi.....(Q.S Albaqarah, 168)

Dalam kaidah ushul fiqh, segala sesuatu yang Allah tidak melarangnya berarti halal. Dengan demikian semua makanan dan minuman di luar yang diharamkan adalah halal. Oleh karena itu, sebenarnya sangatlah sedikit makanan dan minuman yang diharamkan tersebut. Walaupun demikian, pada zaman dimana teknologi telah menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari manusia, maka permasalahan makanan dan minuman halal menjadi relatif kompleks. Makanan, minuman yang halal dan haram berdasarkan tinjauan Syar'i adalah bagaimana Allah memberikan rambu-rambu tentang makanan dan minuman menurut al-Qur'an dan Sunnah. Menurut Syar'i merupakan dasar hukum suatu makanan, karena tanpa dasar hukum syar'i yang tepat maka pembahasan mengenai makanan dan minuman halal dari segi teknologi menjadi salah arah. Sebagaimana ayat al-Qur'an yang memberikan rambu-rambu tentang makanan adalah

إِنَّمَا حَرَّمَ عَلَيْكُمُ الْمَيْتَةَ وَالْدَّمَ وَلَحْمَ الْخِنْزِيرِ وَمَا أُهْلَ بِهِ لِعَٰلِيهِ ۗ فَمَنِ اضْطُرَّ غَيْرَ بَٰعٍ  
وَلَا عَادٍ فَلَا إِثْمَ عَلَيْهِ ۚ إِنَّ اللَّهَ غَفُورٌ رَّحِيمٌ ﴿١٧٣﴾

*Artinya: Sesungguhnya Allah hanya mengharamkan bagimu bangkai, darah, daging babi, dan binatang yang (ketika disembelih) disebut (nama) selain Allah[108]. tetapi Barangsiapa dalam Keadaan terpaksa (memakannya) sedang Dia tidak menginginkannya dan tidak (pula) melampaui batas, Maka tidak ada dosa baginya. Sesungguhnya Allah Maha Pengampun lagi Maha Penyayang (QS, al-Baqarah: 173)*

Menurut Al-Fauzan (2005), Allah SWT, telah memberikan aturan-aturan yang sangat jelas di dalam al-Qur'an dan Hadist tentang makanan halal. Dalam al-Quran, disebutkan bahwa manusia diperintahkan mengkonsumsi makanan yang baik. Artinya, makanan yang halal. Sebaliknya, manusia diperintahkan

meninggalkan makanan yang tidak baik atau haram. Sebagaimana firman Allah SWT.

.....وَأُحِلُّ لَهُمُ الطَّيِّبَاتِ.....  


*Artinya:.....dan yang menghalalkan segala yang baik....(Q.S. al-A'raf: 157)*

Menurut Nurbowo (2003), untuk keperluan hidup, manusia tidak akan pernah lepas dari makanan dan minuman. Kedua hal tersebut sangat penting dan bermanfaat bagi pembentukan jasmani yang kuat dan sehat. Manusia adalah makhluk yang diciptakan oleh Allah SWT dan memenuhi atas segala kebutuhannya.

Manfaat makanan dan minuman halal

1. Tubuh akan selalu sehat karena yang dimakan adalah sesuatu yang baik dan enak.
2. Pikiran menjadi jernih.
3. Hati menjadi bersih dan baik karena mendapat curahan nur dari Allah SWT.
4. Akan selalu bekerja dan berbuat yang baik.

Makanan yang diharamkan oleh Allah SWT, antara lain sebagai berikut.

1. Bangkai binatang. Bangkai adalah semua jenis binatang yang mati tidak karena disembelih, tetapi sebab lain, seperti berpenyakit, terjatuh, atau diterkam binatang buas. Bangkai haram hukumnya apabila dimakan, kecuali bangkai ikan dan belalang.
2. Makanan yang buruk, menjijikkan, atau najis, seperti kecoak, lalat, cacing, dan kaki seribu. Allah berfirman:



..... وَمُحْرَمٌ عَلَيْهِمُ الْخَبِيثَاتُ.....

*Artinya:.....dan mengharamkan segala yang buruk bagi mereka.....(Q.S. al-A'raf: 157)*

3. Makanan yang memabukkan, seperti tumbuh-tumbuhan atau zat-zat lain yang memabukkan.
4. Babi. Daging babi haram sebagaimana dijelaskan dalam al-Qur'an termasuk di dalamnya adalah kulit, tulang, dan semua bagian dari hewan tersebut.
5. Binatang yang disembelih tidak menyebut nama Allah SWT. banyak sekali binatang yang halal hukumnya untuk dimakan, tetapi jika disembelih tidak menyebut nama Allah SWT hukumnya menjadi haram.
6. Benda yang membahayakan. Setiap benda yang membahayakan tubuh atau jiwa manusia hukumnya haram dimakan, seperti makanan yang mengandung racun atau zat lainnya yang mematikan.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Universitas Islam Negeri (UIN) Malang pada tanggal 19 Juni sampai 8 Juli 2008.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: Lemari es, Timbangan digital, *Thermohigrometer*, *Termometer*, *Color reader*, plastik biasa, plastik Polietilen, selang, kapas steril, alumunium foil, erlenmeyer 250 ml dan 100 ml, buret dan statif, pipet tetes, gelas ukur 100 ml dan 10 ml, corong, eksikator, cawan porslen, penumbuk (mortar), keranjang, pisau, cutter, sarung tangan, gunting, Selotip, kardus.

Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Brokoli varietas *Royal green*, NaOH 0,1 N, Metil merah 1 %, HCl 0,1 N, Aquades. Amilum, Yodium.

#### **3.3 Rancangan Penelitian**

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen, dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial yang terdiri dari 2 faktor :

Faktor A terdiri dari 2 level yaitu:

1. Brokoli dikemas dengan plastik Poliethilen sebanyak 1 crop ( $A_1$ )

2. Brokoli tidak dikemas sebanyak 1 crop ( $A_2$ )

Faktor B terdiri dari 4 level yaitu:

1. Brokoli disimpan di lemari es pada suhu  $0^{\circ}\text{C}$  ( $B_1$ )
2. Brokoli disimpan di lemari es pada suhu  $5^{\circ}\text{C}$  ( $B_2$ )
3. Brokoli disimpan di lemari es pada suhu  $10^{\circ}\text{C}$  ( $B_3$ )
4. Brokoli disimpan di suhu kamar  $26^{\circ}\text{C}$  sebagai kontrol ( $B_4$ )

Penelitian ini menggunakan 3 kali ulangan untuk perlakuan sehingga didapatkan 24 satuan percobaan. Untuk lebih jelas dan mudahnya dapat dilihat pada Tabel sebagai berikut:

Tabel 3.1 Model Perlakuan pada penyimpanan brokoli.

Perlakuan	Suhu Penyimpanan			
	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$
$A_1$	$A_1 B_1$	$A_1 B_2$	$A_1 B_3$	$A_1 B_4$
$A_2$	$A_2 B_1$	$A_2 B_2$	$A_2 B_3$	$A_2 B_4$

### 3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini terdiri dari beberapa tahap, yaitu:

1. Tahap Persiapan
  - a. Mempersiapkan peralatan yang akan digunakan pemanenan broccoli.
  - b. Memilih brokoli yang bermutu baik sebelum digunakan dalam penelitian.
2. Tahap Pengemasan
  - a. Menjaga kualitas pengemasan dengan cara: Memastikan alat pengemasan dalam kondisi steril atau dicuci dengan alkohol.
  - b. Tangan tidak boleh menyentuh bagian bunga brokoli atau memakai sarung tangan.

c. Waktu pengemasan harus benar-benar rapat dan kedap udara.

### 3. Tahap Suhu Penyimpanan

a. Memasukkan 3 brokoli yang dikemas dan 3 brokoli yang tidak dikemas kedalam lemari es pada suhu 0° C, 5° C, 10 ° C. Pada perlakuan kontrol, brokoli yang dikemas dan tidak dikemas keduanya disimpan pada suhu kamar 26 °C.

### 4. Tahap Pengamatan

a. Pengamatan dalam pelaksanaan penelitian ini yaitu:

1. Pengukuran laju respirasi (CO<sub>2</sub>) brokoli selama 6 jam setelah penyimpanan, dengan menggunakan metode *Titrimetri (titrasi)* dengan cara sebagai berikut: (Muchtadi, 1992)

Brokoli yang sudah diberi perlakuan dimasukkan dalam plastik yang diberi selang kecil yang dialirkan pada Erlenmeyer yang diisi dengan NaOH 0,1 N, setelah larutan NaOH 0,1 N yang sudah mengikat CO<sub>2</sub> tersebut dititrasi dengan larutan HCl 0,1 N dengan indikator Metil Merah 5 tetes. Laju respirasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Laju respirasi (mg CO<sub>2</sub>/kg/jam) =

$$\frac{(t \text{ sampel} - t \text{ blangko}) \times N \text{ HCl} \times \text{BM CO}_2}{t \text{ sampel}}$$

Keterangan : t = ml titrasi  
N = Normalitas  
BM CO<sub>2</sub> = Berat Molekul

2. Pengukuran kadar air brokoli dilakukan diawal dan diakhir pengamatan selama satu minggu, cara pemanasan dengan cara sebagai berikut:  
(Sudarmadji, 1997)

Menimbang 2 gr brokoli yang telah dicacah kemudian diletakan kedalam cawan porslen dan memasukkan kedalam oven pada suhu 100-105°C/ 3 jam, mendinginkan kedalam eksikator selama 15 menit setelah itu menimbangya, pengurangan berat merupakan banyaknya air dalam bahan. Perhitungan kadar air menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% = \dots\%$$

Keterangan :

$m_1$  = Berat awal (berat basah)

$m_2$  = Berat akhir (berat kering)

3. Pegamatan warna brokoli dilakukan diawal dan diakhir pengamatan selama satu minggu, dengan menggunakan alat *Color reader*, dendan car kerja sebagai berikut: (Yuwono dan Susanto, 1998)

Menyiapkan sampel diatas meja kemudian menghidupkan alat colour reader CL-100. menentukan target L, a, b, dimana L untuk parameter kecerahan (Lightness), a dan b untuk parameter koordinat kromatitis, a menunjukkan tingkat hijau kebiruan, b menunjukkan tingkat kuning sampai kemerahan.

4. Pengukuran vitamin C dilakukan diawal dan diakhir pengamatan selama satu minggu, menggunakan metode *Titrimetri (titrasi)* dengan cara sebagai berikut: (Sudarmadji, 1997)

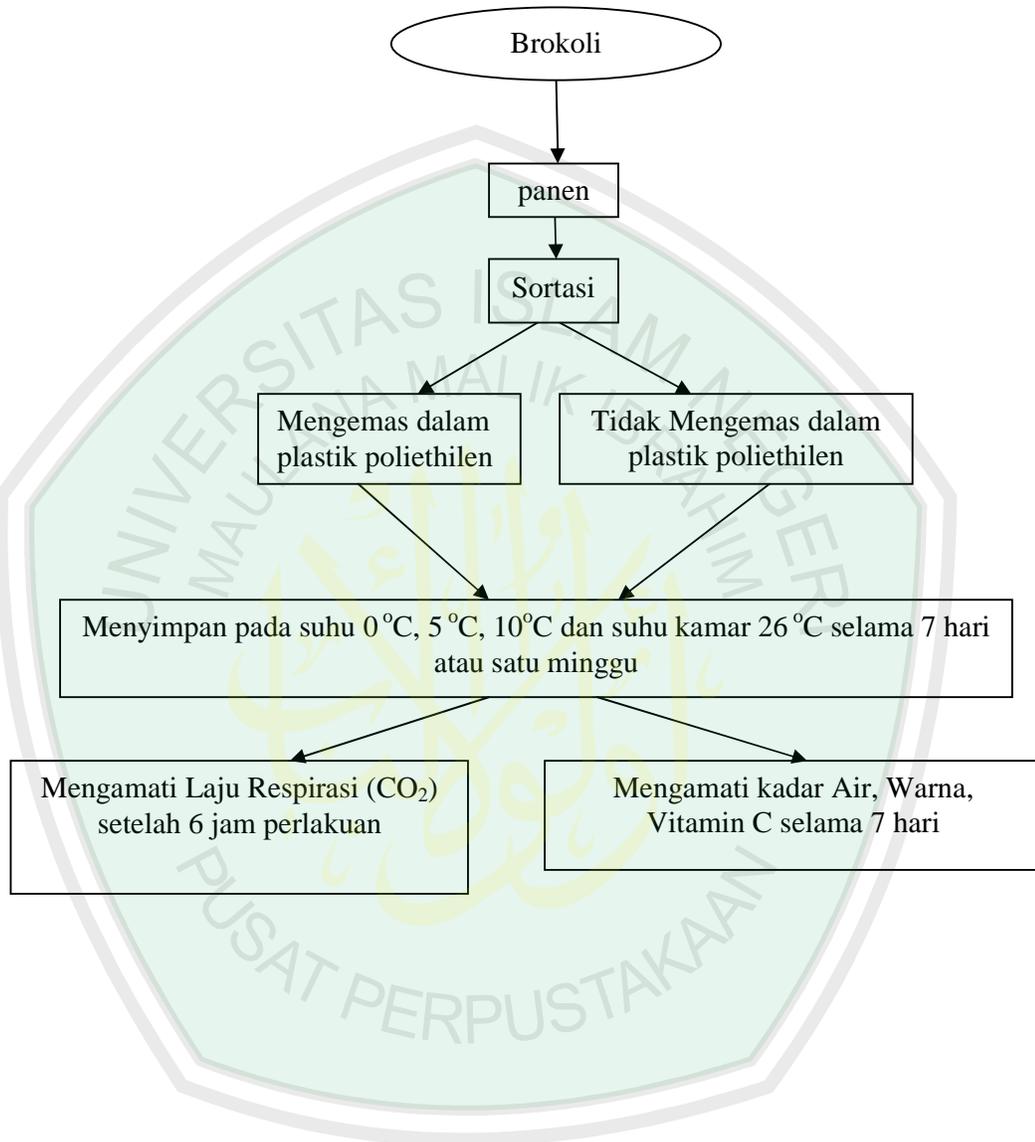
Menimbang bahan 2 gr kemudian ditumbuk sampai halus. Menimbang 2 gr dari hasil tumbukan kemudian menambahkan aquades setelah itu disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan filtratnya. Mengambil 5 ml filtrat dengan pipet tetes yang kedalam gelas ukur 10 ml kemudian memasukkan kedalam Erlenmeyer 250 ml dan menambahkan indikator amilum 1% sebanyak 1-2 tetes, kemudian melakukan titrasi dengan 0,01 N yodium sampai berwarna abu-abu atau biru. 1 ml 0,01 N Yodium = 0,088 mg asam askorbat. Perhitungan Vitamin C menggunakan rumus:

$$\text{ml titrasi} \times 0,88 = \dots\dots\dots\text{mg}$$

### 3.5 Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *Analysis of Variansi* (ANOVA) dua jalur. Jika  $F_{\text{hitung}} \geq F_{\text{tabel}}$ , maka dapat dikatakan terdapat pengaruh yang signifikan. Sehingga perlu dilakukan uji lanjut dengan UJD 5 %.

### 3.6 Desain Penelitian



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan terhadap kesegaran

##### brokoli

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh bahwa suhu penyimpanan dan pengemasan berpengaruh terhadap kesegaran brokoli dari berbagai parameter yang diamati yaitu:

##### 4.1.1 Pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan terhadap laju respirasi (kadar CO<sub>2</sub>)

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan terhadap kadar CO<sub>2</sub> menunjukkan adanya pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan terhadap kadar CO<sub>2</sub>. Data selengkapnya tentang kadar CO<sub>2</sub> pada suhu penyimpanan dan pengemasan dari hasil penelitian disajikan pada lampiran 1.

Dari data kadar CO<sub>2</sub> pada lampiran 1 dianalisis menggunakan analisis variansi (ANOVA) dua jalur yang tercantum pada tabel 4.1. Data selengkapnya tercantum pada lampiran 2.

Tabel 4.1 Ringkasan hasil ANOVA dua jalur mengenai pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan terhadap kadar CO<sub>2</sub> brokoli.

Sumber Keragaman (SK)	Jumlah Kuadrat (JK)	db	Kuadrat Tengah (KT)	Fhitung (5%)	Ftabel (5%)
Faktor koreksi	4003972919,010	1	4003972919,010	311,572	4,49
Pengemasan	525699720,844	1	525699720,844	40,908	4,49
Suhu penyimpanan	411366305,917	3	137122101,972	10,670	3,24
Pengemasan*Suhu	86213941,937	3	28737980,646	2,236	3,24
Galat	205614179,522	16	28737980,646		
Total	5232867067,230	24	12850886,220		

Berdasarkan tabel 4.1, untuk variabel pengemasan dengan parameter kadar CO<sub>2</sub> brokoli, diperoleh  $F_{hitung} = 40,908$  dan  $F_{tabel} = 4,49$  pada taraf signifikansi 5% ( $\alpha = 0,05$ ;  $p=0,000$ ). Oleh karena itu  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , maka hipotesis nol ditolak dan hipotesis satu diterima. Berarti ada pengaruh yang signifikan dari perlakuan pengemasan yang digunakan terhadap kadar CO<sub>2</sub> brokoli. Pada perlakuan suhu penyimpanan diperoleh  $F_{hitung} = 10,670$  dan  $F_{tabel} = 3,24$  pada taraf signifikansi 5% ( $\alpha = 0,05$ ;  $p=0,000$ ). Oleh karena itu  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , maka hipotesis nol ditolak dan hipotesis satu diterima. Berarti ada pengaruh yang signifikan dari perlakuan suhu penyimpanan yang digunakan terhadap kadar CO<sub>2</sub> brokoli.

Untuk mengetahui suhu penyimpanan dan pengemasan yang paling berpengaruh terhadap kadar CO<sub>2</sub> brokoli, maka dilanjutkan dengan Uji Jarak Duncan atau DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) dengan taraf signifikansi 5%. Hasil analisis disajikan pada tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.2 Ringkasan hasil uji duncan dua jalur untuk perlakuan suhu penyimpanan dan pengemasan pada kadar CO<sub>2</sub> selama 6 jam

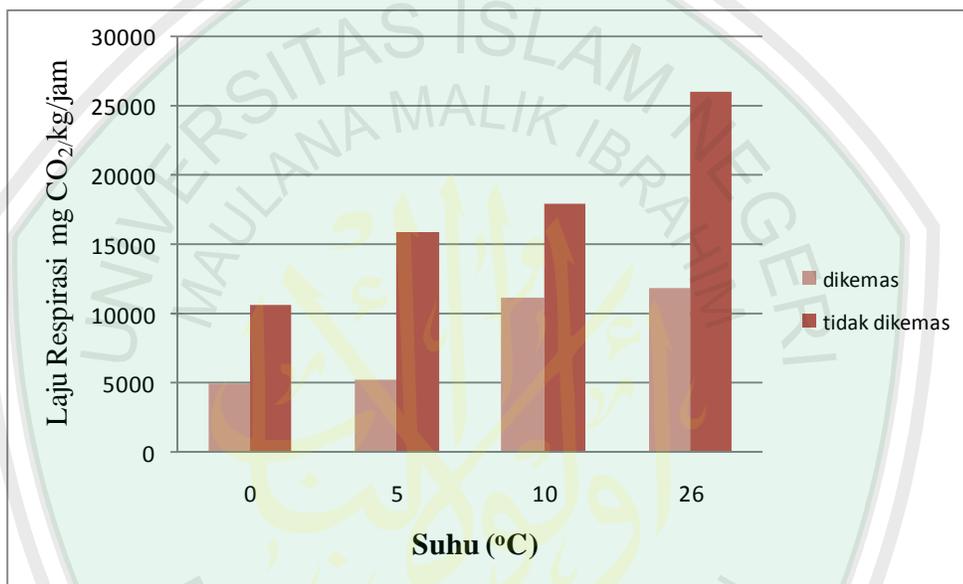
Perlakuan	Rerata Kadar CO <sub>2</sub> (mg CO <sub>2</sub> /kg/jam)	Notasi
0°C	7741,505000	a
5°C	10467,298333	a
10°C	14894,983333	b
26°C	18561,630000	b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan bahwa tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan 5%.

Berdasarkan tabel 4.2, perlakuan 0°C dan 5°C tidak berbeda nyata, akan tetapi 0°C berbeda nyata dengan 10°C dan 26°C. Begitu juga pada perlakuan 5°C berbeda nyata dengan 10°C dan 26°C. Dari hasil analisis ragam dapat diketahui bahwa kadar CO<sub>2</sub> yang dihasilkan paling sedikit adalah pada brokoli yang

dikemas dengan suhu penyimpanan 0°C. Hal ini disebabkan karena suhu penyimpanan yang rendah dan dikemas dapat menghambat laju respirasi, sehingga bisa mempertahankan kesegaran brokoli.

Rata-rata kadar CO<sub>2</sub> pada brokoli selama 6 jam perlakuan dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 4.1 Rata-rata kadar CO<sub>2</sub> brokoli pada pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan

Rata-rata kadar CO<sub>2</sub> menunjukkan bahwa untuk brokoli pada suhu penyimpanan 0°C dan 5°C dengan kelembaban 95% yang dikemas plastik poliethylen selama 6 jam mempunyai kadar CO<sub>2</sub> yang terendah yaitu 4898,11 mg CO<sub>2</sub>/kg/jam dan 5105,66. Suhu penyimpanan 10°C dikemas nilai kadar CO<sub>2</sub>-nya lebih tinggi dibandingkan dengan kedua suhu 0°C dan 5°C dengan nilai rata-rata 11083,033 mg CO<sub>2</sub>/kg/jam. Pada brokoli yang tidak dikemas kadar CO<sub>2</sub> yang terendah pada suhu 0°C dengan nilai rata-rata 10584,9 mg CO<sub>2</sub>/kg/jam dan pada suhu 5°C dan 10°C nilai kadar CO<sub>2</sub>-nya lebih tinggi dibandingkan dengan suhu

0°C. Kadar CO<sub>2</sub> pada perlakuan kontrol brokoli yang tidak dikemas nilainya jauh lebih tinggi dibandingkan dengan suhu penyimpanan 0°C, 5°C dan 10°C, yang nilainya 26040,3 mg CO<sub>2</sub>/kg/jam. Hal ini disebabkan suhu penyimpanan yang tinggi dan tidak dikemas proses laju respirasi akan cepat, sehingga kadar CO<sub>2</sub> yang dikeluarkan semakin banyak dan menyebabkan kesegaran brokoli menurun.

Menurut Apandi (1984), komoditi yang dikemas dengan plastik poliethylen mempunyai laju respirasi yang rendah. Dan sebaliknya tanpa pengemasan akan mengakibatkan percepatan laju respirasi. Pantastico (1989), berpendapat bahwa kadar CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> yang sama rendahnya dengan dikombinasikan kemasan plastik polyethylen dapat menurunkan laju respirasi.

Sebagian besar perubahan-perubahan fisikokimia yang terjadi dalam sayuran maupun buah-buahan yang sudah dipanen berhubungan dengan metabolisme oksidatif, termasuk di dalamnya respirasi. Laju respirasi merupakan petunjuk yang baik untuk daya simpan sayur sesudah dipanen. Intensitas respirasi dianggap sebagai ukuran laju jalannya metabolisme, oleh karena itu laju respirasi yang tinggi biasanya disertai dengan umur simpan yang pendek. Besar kecilnya respirasi dapat dilihat dengan menentukan jumlah substrat yang hilang, O<sub>2</sub> yang diserap atau CO<sub>2</sub> yang dikeluarkan. Pengukuran CO<sub>2</sub> dapat digunakan sebagai salah satu indikator terjadinya berbagai macam perubahan dan kemasakan (Kays, 1991). Kecepatan respirasi pada sayur meningkat dengan meningkatnya suplai oksigen. Jika konsentrasi O<sub>2</sub> lebih dari 20 persen respirasi, maka hanya terdapat sedikit pengaruh terhadap umur simpan sayur, dan apabila konsentrasi CO<sub>2</sub> yang cukup tinggi dapat memperpanjang masa simpan sayur (Muchtadi, 1992).

Kegunaan suhu rendah pada tempat penyimpanan sebagian besar karena pengaruhnya dalam menurunkan kerja (aktivitas) enzim-enzim respirasi dengan enzim lain pada jaringan tumbuhan tingkat tinggi, bakteri, dan cendawan. Hubungan antara suhu dan respirasi serupa dengan hubungan antara suhu dan reaksi kimiawi lainnya, pada kisaran tertentu laju respirasi meningkat dua atau tiga kali lipat dengan setiap kenaikan suhu 10°C sampai suhu diatas 37,8 °C (Citrosomo, 1984).

Dilihat dari segi kelembaban yang mendekati 100% pada suhu dingin dan disertai dengan pengemasan yang menggunakan plastik polyethilen bisa mengurangi proses laju respirasi, pengaruh itu dianggap terjadi akibat suhu pada sayur yang dalam kantung plastik lebih tinggi daripada buah yang tidak dimasukkan kantung. Respirasi adalah proses oksidasi enzimatik substrat karbohidrat (terutama glukosa) yang menghasilkan gas CO<sub>2</sub> dan air serta energi. Energi yang dihasilkan digunakan oleh buah atau sayuran untuk melangsungkan proses-proses metabolisme didalam sel-selnya (Muchtadi, 1992).

#### **4.1.2 Pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan terhadap kadar air brokoli**

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan terhadap kadar air menunjukkan adanya pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan terhadap kadar air. Data selengkapnya tentang kadar air pada suhu penyimpanan dan pengemasan dari hasil penelitian disajikan pada lampiran 1.

Dari data kadar air pada lampiran 1 dianalisis menggunakan analisis variansi (ANOVA) dua jalur yang tercantum pada tabel 4.3. Data selengkapnya tercantum pada lampiran 2.

Tabel 4.3 Ringkasan hasil ANOVA dua jalur mengenai pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan terhadap kadar air brokoli selama 7 hari

Sumber Keragaman (SK)	Jumlah Kuadrat (JK)	db	Kuadrat Tengah (KT)	Fhitung (5%)	Ftabel (5%)
Faktor koreksi	167253,466	1	167253,466	62960,342	4,49
Pengemasan	13,270	1	13,270	4,995	4,49
Suhu	415,983	3	138,661	52,197	3,24
Pengemasan*Suhu	8,908	3	2,969	1,118	3,24
Galat	42,504	16	28737980,646		
Total	167734,130	24	12850886,220		

Berdasarkan tabel 4.2, untuk variabel pengemasan dengan parameter kadar air brokoli, diperoleh  $F_{hitung} = 4,995$  dan  $F_{tabel} = 4,49$  pada taraf signifikansi 5% ( $\alpha=0,05$ ;  $p=0,040$ ). Oleh karena  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , maka hipotesis nol ditolak dan hipotesis satu diterima. Berarti ada pengaruh yang signifikan dari perlakuan pengemasan yang digunakan terhadap kadar air brokoli. Pada perlakuan suhu penyimpanan diperoleh  $F_{hitung} = 52,197$  dan  $F_{tabel} = 3,24$  pada taraf signifikansi 5% ( $\alpha=0,05$ ;  $p=0,000$ ). Oleh karena itu  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , maka hipotesis nol ditolak dan hipotesis satu diterima. Berarti ada pengaruh yang signifikan dari perlakuan suhu penyimpanan yang digunakan terhadap kadar air brokoli.

Untuk mengetahui suhu penyimpanan dan pengemasan yang paling berpengaruh terhadap kadar air brokoli, maka dilanjutkan dengan Uji Jarak Duncan atau DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) dengan taraf signifikansi 5%. Hasil analisis disajikan pada tabel 4.4 sebagai berikut:

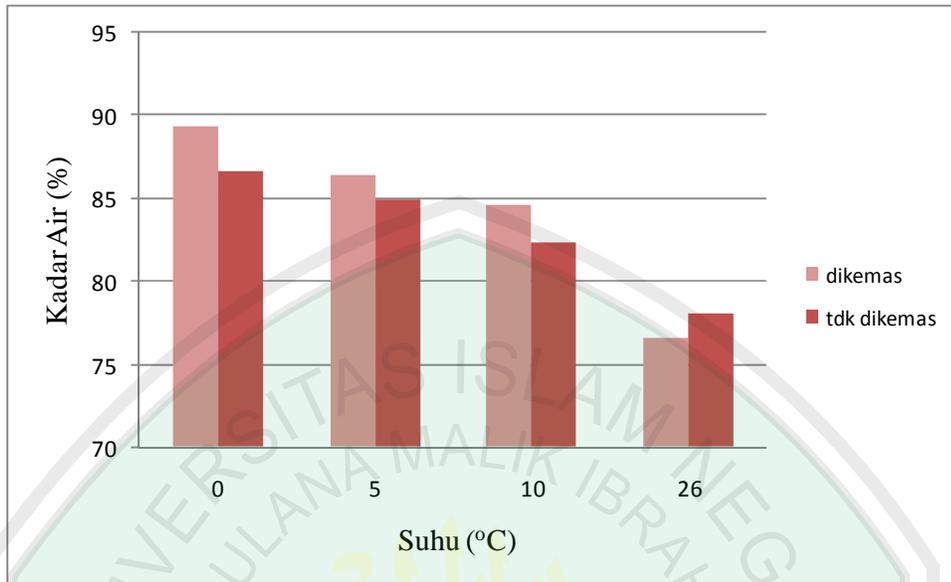
Tabel 4.4 Ringkasan hasil uji duncan dua jalur untuk perlakuan suhu penyimpanan dan pengemasan pada kadar air selama 7 hari

Perlakuan	Rerata Kadar Air (%)	Notasi
26°C	76,832767	a
10 °C	83,420583	b
5 °C	85,681133	c
0°C	87,985133	d

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan bahwa tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan 5%.

Berdasarkan tabel 4.4, masing-masing perlakuan berbeda nyata, misalnya 0°C dengan 5°C, 0°C dengan 10°C, 0°C dengan 26°C. Dari hasil analisis ragam dapat diketahui bahwa kadar air yang paling besar adalah pada suhu penyimpanan 0°C dengan dikemas. Hal ini disebabkan karena suhu penyimpanan yang rendah disertai dengan kemasan dapat mempertahankan kadar air brokoli.

Rata-rata kadar air selama 7 hari penyimpanan pada brokoli dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 4.2 Rata-rata kadar air brokoli pada pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan

Rata-rata kadar air menunjukkan bahwa untuk brokoli pada suhu penyimpanan 0°C dengan kelembaban 95% yang dikemas plastik poliethylen selama 7 hari penyimpanan mempunyai kadar air tertinggi yaitu 89,3292%. Suhu penyimpanan 5°C dan 10°C dikemas nilai kadar airnya semakin menurun dengan nilai 86,4387% dan 84,5408%. Kadar air pada perlakuan kontrol 26°C brokoli yang dikemas nilainya lebih rendah dibandingkan dengan suhu penyimpanan 0°C, 5°C dan 10°C, yang nilainya 76,5853%. Brokoli yang tidak dikemas kadar air yang tertinggi pada suhu 0°C dengan nilai rata-rata 86,6411 % dan pada suhu 5°C dan 10°C nilai kadar airnya semakin menurun dengan nilai 84,9236% dan 82,3004%. Kadar air pada perlakuan kontrol 26°C brokoli yang tidak dikemas nilainya lebih rendah dibandingkan dengan suhu penyimpanan 0°C, 5°C dan 10°C, yang nilainya 78,0802%. Pada perlakuan kontrol 26°C nilai rata-rata

brokoli yang dikemas lebih kecil dari yang tidak dikemas, hal ini dikarenakan terjadi pembusukan pada brokoli yang dikemas.

Brokoli yang dikemas mengalami kebusukan jika disimpan pada suhu yang tinggi karena dapat menstimulus peningkatan respirasi, yang disebabkan karena adanya peningkatan aktivitas enzim-enzim, sehingga kadar air sedikit dan tingkat kesegaran akan semakin menurun. Brokoli yang tidak dikemas tidak mengalami kebusukan meskipun disimpan pada suhu yang tinggi karena sirkulasi  $O_2$  dan  $CO_2$  sejalan, sehingga kadar airnya lebih banyak dibandingkan dengan yang dikemas. Kadar air brokoli pada perlakuan suhu penyimpanan yang rendah dan dikemas bisa mempertahankan kesegaran karena proses laju respirasi terhambat dan sebaliknya jika pada suhu penyimpanan yang tinggi, maka kadar air yang terkandung pada brokoli akan semakin menurun sehingga kesegaran ikut menurun. Menurut Syarif dan Halid (1993), bahan pengemas dan suhu rendah dapat menekan laju respirasi serta mempertahankan kesegaran.

Kadar air merupakan faktor utama yang mempengaruhi kualitas simpan sejumlah makanan, karena aktivitas air berpengaruh besar terhadap laju dari banyak reaksi kimia dalam makanan dan terhadap laju pertumbuhan mikroba, sudah jelas bahwa pengemasan dapat membantu banyak untuk menjaga kondisi optimum agar dapat tahan lama. Isoterm sorpsi berperan penting pada pemilihan bahan kemas. Produk higroskopik selalu mempunyai isotherm sorpsi yang curam dan akan mencapai daerah kandungan air kritik sebelum mencapai kondisi iklim luar. Ada beberapa makanan yang kelembapan nisbi kesetimbangannya di atas

kondisi iklim luar. Dengan demikian bahan kemas bekerja melindungi produk agar tidak kehilangan air (Apandi, 1984).

Air merupakan kandungan penting pada banyak makanan. Air dapat berupa komponen intrasel dan ekstraseluler dalam sayuran atau produk hewani, sehingga pengaruh aktivitas air terhadap kualitas dan pembusukan pangan makin disadari merupakan faktor yang penting. Kandungan air dan aktivitas air mempengaruhi perkembangan reaksi pembusukan secara kimia dan mikrobiologi dalam makanan. Makanan yang dikeringkan atau dikeringbekukan, yang mempunyai kestabilan tinggi pada penyimpanan, biasanya rentang kandungan airnya sekitar 5 sampai 15% (Muchtadi, 1992).

Menurut Widyaningsih (2004), kelembaban udara disekitar bahan akan mempengaruhi kadar air suatu bahan pangan. Bahan pangan yang mempunyai kadar air rendah, apabila disimpan dalam suatu kondisi yang lembab akan menyerap air dari udara sekitarnya. Penurunan suhu juga akan menyebabkan terjadinya kondensasi uap air pada permukaan bahan sehingga kadar airnya akan meningkat. Adanya kondensasi ini dapat dipakai sebagai media yang baik bagi pertumbuhan bakteri atau jamur.

#### **4.1.3 Pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan terhadap warna (L, a, b)**

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan terhadap warna tingkat kecerahan dan koordinat kromatitits (L, a, b) brokoli menunjukkan adanya pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan terhadap warna tingkat kecerahan dan koordinat kromatitits (L, a, b). Data selengkapnya

tentang warna tingkat kecerahan dan koordinat kromatitits (L, a, b) pada suhu penyimpanan dan pengemasan dari hasil penelitian disajikan pada lampiran 1.

#### A. Warna tingkat kecerahan (L) brokoli

Dari data warna tingkat kecerahan (L) pada lampiran 1 dianalisis menggunakan analisis variansi (ANOVA) dua jalur yang tercantum pada tabel 4.5. Data selengkapnya tercantum pada lampiran 2.

Tabel 4.5 Ringkasan hasil ANOVA dua jalur mengenai pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan terhadap warna tingkat kecerahan (L) brokoli.

Sumber Keragaman (SK)	Jumlah Kuadrat (JK)	Db	Kuadrat Tengah (KT)	Fhitung (5%)	Ftabel (5%)
Faktor koreksi	71192,291	1	71192,291	4848,433	4,49
Pengemasan	74,695	1	74,695	5,087	4,49
Suhu	804,712	3	268,237	18,268	3,24
Pengemasan*Suhu	190,660	3	63,553	4,328	3,24
Galat	234,937	16	14,684		
Total	72497,296	24			

Berdasarkan tabel 4.5, untuk variabel pengemasan dengan parameter warna tingkat kecerahan (L) brokoli, diperoleh  $F_{hitung} = 5,087$  dan  $F_{tabel} = 4,49$  pada taraf signifikansi 5% ( $\alpha = 0,05$ ;  $p=0,038$ ). Oleh karena itu  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , maka hipotesis nol ditolak dan hipotesis satu diterima. Berarti ada pengaruh yang signifikan dari perlakuan pengemasan yang digunakan terhadap warna tingkat kecerahan (L) brokoli. Pada perlakuan suhu penyimpanan diperoleh  $F_{hitung} = 18,268$  dan  $F_{tabel} = 3,24$  pada taraf signifikansi 5% ( $\alpha = 0,05$ ;  $p=0,000$ ). Oleh karena itu  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , maka hipotesis nol ditolak dan hipotesis satu diterima. Berarti ada pengaruh yang signifikan dari perlakuan suhu penyimpanan yang digunakan terhadap warna tingkat kecerahan (L) brokoli.

Untuk mengetahui suhu penyimpanan dan pengemasan yang paling berpengaruh terhadap warna tingkat kecerahan (L) brokoli, maka dilanjutkan dengan Uji Jarak Duncan atau DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) dengan taraf signifikansi 5%. Hasil analisis disajikan pada tabel 4.6 sebagai berikut:

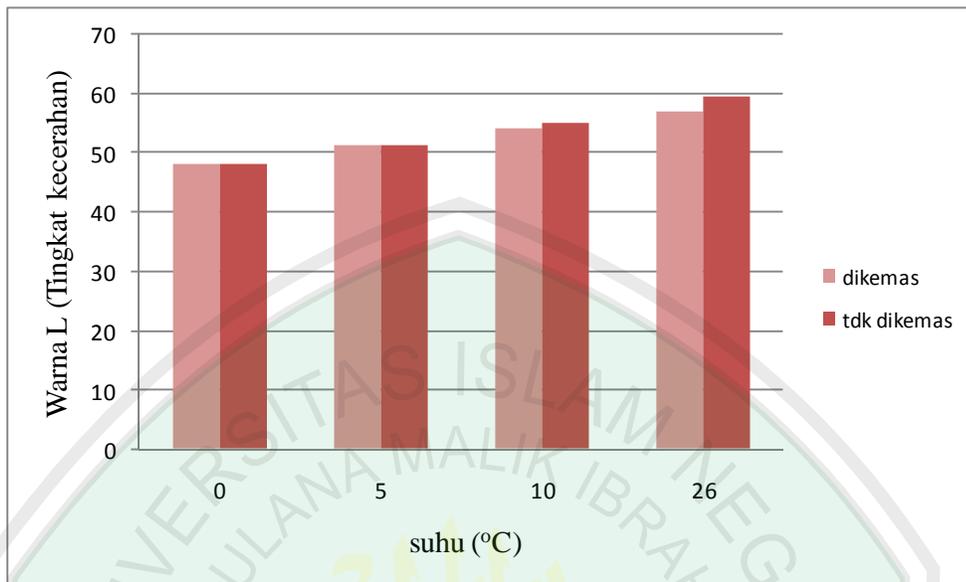
Tabel 4.6 Ringkasan hasil Uji Duncan dua jalur untuk perlakuan suhu penyimpanan dan pengemasan pada warna tingkat kecerahan (L) selama 7 hari

Perlakuan	Rerata Warna Tingkat Kecerahan (L) Brokoli	Notasi
0°C	48,190	a
5°C	51,300	ab
10°C	54,700	b
26°C	63,667	c

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan bahwa tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan 5%.

Berdasarkan tabel 4.6, perlakuan suhu penyimpanan 5°C tidak berbeda nyata dengan suhu penyimpanan 0°C dan 10°C, akan tetapi berbeda nyata dengan suhu penyimpanan 26°C. Suhu penyimpanan 0°C berbeda nyata dengan 10°C dan 26°C. Begitu juga suhu penyimpanan 10°C berbeda nyata dengan suhu penyimpanan 26°C. Dari hasil analisis ragam dapat diketahui bahwa warna tingkat kecerahan (L) yang paling tinggi adalah pada suhu penyimpanan 0°C dengan dikemas. Hal ini disebabkan karena suhu penyimpanan yang rendah disertai dengan kemasan dapat mempertahankan warna tingkat kecerahan (L) brokoli.

Rata-rata warna tingkat kecerahan (L) brokoli selama 7 hari penyimpanan dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 4.3 Rata-rata warna tingkat kecerahan (L) brokoli pada pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan

Rata-rata warna tingkat kecerahan (L) menunjukkan bahwa untuk brokoli pada suhu penyimpanan 0°C dan 5°C dengan kelembaban 95% yang dikemas plastik poliethylen selama 7 hari penyimpanan mempunyai warna tingkat kecerahan (L) hampir sama yaitu 48,2667 dan 51,2667. Suhu penyimpanan 10°C dikemas warna tingkat kecerahan (L) semakin tinggi (pudar) dengan nilai 54,2333. Warna tingkat kecerahan (L) pada perlakuan kontrol 26°C brokoli yang dikemas nilainya semakin tinggi dibandingkan dengan suhu penyimpanan 0°C, 5°C dan 10°C, berarti warnanya semakin pudar dengan nilai 57,0333. Brokoli yang tidak dikemas Warna tingkat kecerahan (L) pada suhu penyimpanan 0°C dan 5°C masih terlihat cerah warnanya dengan nilai rata-rata 48,1133 dan 51,3333. Suhu penyimpanan 10°C tidak dikemas warna tingkat kecerahan (L) semakin tinggi (pudar) dengan nilai 55,1667. Warna tingkat kecerahan (L) pada perlakuan kontrol 26°C brokoli yang tidak dikemas nilainya semakin tinggi dibandingkan

dengan suhu penyimpanan 0°C, 5°C dan 10°C, berarti warnanya semakin pudar dengan nilai 59,6333.

### B. Warna koordinat kromatit (a) brokoli

Dari data warna koordinat kromatit (a) brokoli pada lampiran 1 dianalisis menggunakan analisis variansi (ANOVA) dua jalur yang tercantum pada tabel 4.7. Data selengkapnya tercantum pada lampiran 2.

Tabel 4.7 Ringkasan ANOVA dua jalur mengenai pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan terhadap warna koordinat kromatit (a) brokoli.

Sumber Keragaman (SK)	Jumlah Kuadrat (JK)	Db	Kuadrat Tengah (KT)	Fhitung (5%)	Ftabel (5%)
Faktor koreksi	1139,882	1	1139,882	602,448	4,49
Pengemasan	17,340	1	17,340	9,165	4,49
Suhu	118,715	3	39,572	20,914	3,24
Pengemasan*Suhu	32,190	3	10,730	5,671	3,24
Galat	30,273	16	1,892		
Total	1338,400	24			

Berdasarkan tabel 4.7, untuk variabel pengemasan dengan parameter warna koordinat kromatit (a) brokoli, diperoleh  $F_{hitung} = 9,165$  dan  $F_{tabel} = 4,49$  pada taraf signifikansi 5% ( $\alpha = 0,05$ ;  $p=0,008$ ). Oleh karena itu  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , maka hipotesis nol ditolak dan hipotesis satu diterima. Berarti ada pengaruh yang signifikan dari perlakuan pengemasan yang digunakan terhadap warna koordinat kromatit (a) brokoli. Pada perlakuan suhu penyimpanan diperoleh  $F_{hitung} = 20,914$  dan  $F_{tabel} = 3,24$  pada taraf signifikansi 5% ( $\alpha=0,05$ ;  $p=0,000$ ). Oleh karena itu  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , maka hipotesis nol ditolak dan hipotesis satu diterima. Berarti ada pengaruh yang signifikan dari perlakuan suhu penyimpanan yang digunakan terhadap warna koordinat kromatit (a) brokoli.

Untuk mengetahui suhu penyimpanan dan pengemasan yang paling berpengaruh terhadap warna koordinat kromatit (a) brokoli, maka dilanjutkan dengan Uji Jarak Duncan atau DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) dengan taraf signifikansi 5%. Hasil analisis disajikan pada tabel 4.8 sebagai berikut:

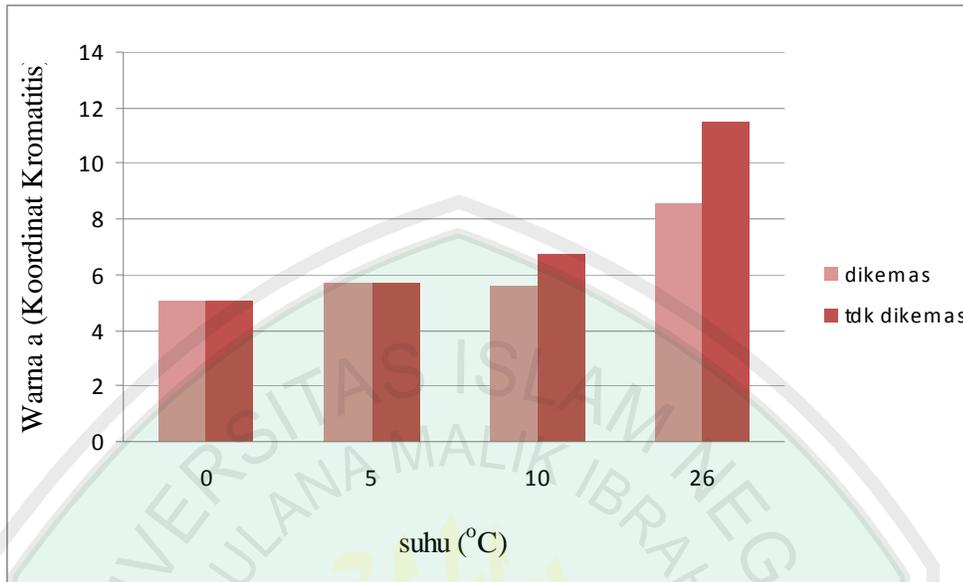
Tabel 4.8 Ringkasan hasil uji duncan dua jalur untuk perlakuan suhu penyimpanan dan pengemasan pada warna koordinat kromatit (a) brokoli selama 7 hari

<b>Perlakuan</b>	<b>Rerata warna koordinat kromatit (a)</b>	<b>Notasi</b>
0°C	5,033	a
5°C	5,717	a
10°C	6,133	a
26°C	10,683	b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan bahwa tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan 5%.

Berdasarkan tabel 4.8, perlakuan suhu penyimpanan 0°C, 5°C dan 10°C, tidak berbeda nyata, akan tetapi dari ketiga perlakuan suhu tersebut berbeda nyata dengan perlakuan suhu 26°C. Dari hasil analisis ragam dapat diketahui bahwa warna koordinat kromatit (a) yang paling tinggi adalah pada suhu penyimpanan 26°C dengan dikemas, artinya dalam suhu penyimpanan tersebut warna koordinat kromatit (a) brokoli mengalami perubahan warna yang mencolok. Berarti warna yang bisa dipertahankan tingkat kehijauannya pada suhu penyimpanan 0°C, yang mempunyai tingkat warna koordinat kromatit (a) terkecil.

Rata-rata warna koordinat kromatit (a) brokoli selama 7 hari penyimpanan dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 4.4 Rata-rata warna koordinat kromatisis (a) brokoli pada pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan

Rata-rata warna koordinat kromatisis (a) menunjukkan bahwa untuk brokoli pada suhu penyimpanan 0°C dan 5°C dengan kelembaban 95% yang dikemas plastik poliethylen selama 7 hari penyimpanan mempunyai warna koordonat kromatisis (a) hampir sama yaitu 5,03333 dan 5,7. Suhu penyimpanan 10°C dikemas warna koordonat kromatisis (a) semakin tinggi (pudar) dengan nilai 5,56667. Warna koordinat kromatisis (a) pada perlakuan kontrol 26°C brokoli yang dikemas nilainya semakin tinggi dibandingkan dengan suhu penyimpanan 0°C, 5°C dan 10°C, berarti warnanya semakin pudar dengan nilai 8,53333. Brokoli yang tidak dikemas warna koordinat kromatisis (a) pada suhu penyimpanan 0°C dan 5°C masih terlihat cerah warnanya dengan nilai rata-rata 8,53333 dan 5,73333. Suhu penyimpanan 10°C tidak dikemas warna koordinat kromatisis (a) semakin tinggi (pudar) dengan nilai 6,7. Warna koordinat kromatisis (a) pada perlakuan kontrol 26°C brokoli yang tidak dikemas nilainya semakin

tinggi dibandingkan dengan suhu penyimpanan 0°C, 5°C dan 10°C, berarti warnanya semakin pudar dengan nilai 11,5.

### C. Warna koordinat kromatit (b) brokoli

Dari data warna koordinat kromatit (b) brokoli pada lampiran 1 dianalisis menggunakan analisis variansi (ANOVA) dua jalur yang tercantum pada tabel 4.9. Data selengkapnya tercantum pada lampiran 2.

Tabel 4.9 Ringkasan ANOVA dua jalur mengenai pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan terhadap warna koordinat kromatit (b) brokoli.

Sumber Keragaman (SK)	Jumlah Kuadrat (JK)	Db	Kuadrat Tengah (KT)	Fhitung (5%)	Ftabel (5%)
Faktor koreksi	1965,660	1	1965,660	273,467	4,49
Pengemasan	68,007	1	68,007	9,461	4,49
Suhu	225,357	3	75,119	10,451	3,24
Pengemasan*Suhu	6,290	3	2,097	0,292	3,24
Galat	115,007	16	7,188		
Total	2380,320	24			

Berdasarkan tabel 4.9, untuk variabel pengemasan dengan parameter warna koordinat kromatit (b) brokoli, diperoleh  $F_{hitung} = 9,461$  dan  $F_{tabel} = 4,49$  pada taraf signifikansi 5% ( $\alpha=0,05$ ;  $p=0,007$ ). Oleh karena itu  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , maka hipotesis nol ditolak dan hipotesis satu diterima. Berarti ada pengaruh yang signifikan dari perlakuan pengemasan yang digunakan terhadap warna koordinat kromatit (b) brokoli. Pada perlakuan suhu penyimpanan diperoleh  $F_{hitung} = 10,451$  dan  $F_{tabel} = 3,24$  pada taraf signifikansi 5% ( $\alpha = 0,05$ ;  $p=0,000$ ). Oleh karena itu  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , maka hipotesis nol ditolak dan hipotesis satu diterima. Berarti ada pengaruh yang signifikan dari perlakuan suhu penyimpanan yang digunakan terhadap warna koordinat kromatit (b) brokoli.

Untuk mengetahui suhu penyimpanan dan pengemasan yang paling berpengaruh terhadap warna koordinat kromatit (b) brokoli, maka dilanjutkan dengan Uji Jarak Duncan atau DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) dengan taraf signifikansi 5%. Hasil analisis disajikan pada tabel 4.10 sebagai berikut:

Tabel 4.10 Ringkasan hasil uji duncan dua jalur untuk perlakuan suhu penyimpanan dan pengemasan pada warna koordinat kromatit (b) brokoli selama 7 hari

Perlakuan	Rerata warna koordinat kromatit (b)	Notasi
0°C	6,833	a
5°C	7,167	a
10°C	7,883	a
26°C	14,317	b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan bahwa tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan 5%.

Berdasarkan tabel 4.8, perlakuan suhu penyimpanan 0°C, 5°C dan 10°C, tidak berbeda nyata, akan tetapi dari ketiga perlakuan suhu tersebut berbeda nyata dengan perlakuan suhu 26°C. Dari hasil analisis ragam dapat diketahui bahwa warna koordinat kromatit (b) yang paling tinggi adalah pada suhu penyimpanan 26°C dengan dikemas, artinya dalam suhu penyimpanan tersebut warna koordinat kromatit (b) brokoli mengalami perubahan warna yang mencolok. Berarti warna yang bisa dipertahankan tingkat kehijauannya pada suhu penyimpanan 0°C, yang mempunyai tingkat warna koordinat kromatit (b) terkecil.

Rata-rata warna koordinat kromatit (a) brokoli selama 7 hari penyimpanan dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 4.5 Rata-rata warna koordinat kromatitiss (b) brokoli pada pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan

Rata-rata warna koordinat kromatitiss (b) menunjukkan bahwa untuk brokoli pada suhu penyimpanan 0°C dan 5°C dengan kelembaban 95% yang dikemas plastik poliethylen selama 7 hari penyimpanan mempunyai warna koordinat kromatitiss (b) hampir sama yaitu 5,73333 dan 5,86667. Suhu penyimpanan 10°C dikemas warna koordinat kromatitiss (b) semakin tinggi (pudar) dengan nilai 5,93333. Warna koordinat kromatitiss (b) pada perlakuan kontrol 26°C brokoli yang dikemas nilainya semakin tinggi dibandingkan dengan suhu penyimpanan 0°C, 5°C dan 10°C, berarti warnanya semakin pudar dengan nilai 11,93333. Brokoli yang tidak dikemas warna koordinat kromatitiss (b) pada suhu penyimpanan 0°C dan 5°C masih terlihat cerah warnanya dengan nilai rata-rata 7,93333 dan 8,46667. Suhu penyimpanan 10°C tidak dikemas warna koordinat kromatitiss (b) semakin tinggi (pudar) dengan nilai 9,83333. Warna koordinat kromatitiss (b) pada perlakuan kontrol 26°C brokoli yang tidak dikemas

nilainya semakin tinggi dibandingkan dengan suhu penyimpanan 0°C, 5°C dan 10°C, berarti warnanya semakin pudar dengan nilai 16,7.

Dari beberapa pemaparan data tersebut, dapat dilihat bahwa perlakuan pengemasan dapat mempertahankan warna dasar dari brokoli (hijau kebiruan). Dalam penelitian ini warna yang bisa dipertahankan atau yang sesuai warna sebelumnya adalah pada perlakuan suhu penyimpanan 0°C dan disertai dengan pengemasan. Pada perlakuan kontrol perubahan warnanya sangat jelas, dari warna hijau menjadi kuning kecoklatan. Perubahan warna dari hijau menjadi kuning merupakan fenomena pada saat perubahan sayur tersebut menandakan terjadinya degradasi klorofil, dan terjadi pembusukan pada perlakuan yang dikemas dengan ditandai perubahan warna hitam kecoklatan serta terdapat jamur diatas permukaan bunga brokoli.

Menurut Susanto (1994), pigmen utama yang terdapat dalam jaringan tanaman adalah klorofil, karotenoid dan flavonoid. Macam dan jumlah pigmen dalam jaringan tanaman tergantung pada spesies, varietas, derajat kemasakan, tempat tumbuh dan lain-lain. Sebagian besar pigmen ini mengalami perubahan selama penyimpanan dan pengolahan. Klorofil A dan B kadarnya mencapai 0,1% berat bahan segar pada daun hijau. Klorofil ini terdapat dalam kloroplas dan umumnya akan turun pada permulaan *senescence* tanaman. Warna kuning, oranye atau merah disebabkan karena pigmen karena pigmen karotenoid. Karotenoid dalam jumlah yang kecil (0,005-0,008% berat bahan segar) terdapat bersama klorofil. Disamping itu karotenoid terdapat pada jaringan-jaringan yang tidak hijau sebagai Kristal-kristal kecil dalam sitoplasma, atau dalam membran yang

membatasi kromoplas. Karotenoid yang terdapat selain dikloroplas, dalam hal tertentu dapat terakumulasi kurang lebih 0,1% berat bahan segar. Karotenoid ini menyebabkan warna kuning sampai merah pada berbagai buah dan sayur .

Perlakuan pengemasan plastik polyethilen dengan suhu penyimpanan bertujuan untuk mempertahankan warna (Susanto, 1994). Disisi lain peran atau fungsi dari polyethilen sendiri berperan mempertahankan kondisi warna dasar. Oleh karena itu tingkat kecerahan lebih tinggi pada perlakuan yang dikemas daripada yang tidak dikemas. Sebaliknya semakin tinggi nilai kecerahan (L) maka semakin tinggi tingkat koordinat kromatit (a, b). Hal itu disebabkan karena perlakuan suhu penyimpanan tanpa pengemasan mengacu pada proses perubahan warna menuju level yang lebih rendah. Sedangkan perlakuan yang dikemas menghambat laju proses perubahan warna yang mana dapat dihambat dengan plastik polyethilen.

Menurut Winarno (1993), warna dikatakan indikator terhadap kesegaran, apabila kenampakan masih terlihat aslinya atau warna dasarnya tidak terjadi perubahan. Warna yang ditimbulkan pada perlakuan yang dikemas serta pada suhu penyimpanan tingkat kecerahan dapat dipertahankan yang mana akan diikuti koordinat kromatit (a, b), sehingga warna hijau tetap bisa terjaga. sebaliknya perlakuan yang tidak dikemas tingkat kecerahan semakin turun atau warna menjadi pudar dan juga koordinat kromatit semakin tinggi sehingga menyebabkan perubahan yang signifikan dan warna hijau tidak bisa dipertahankan. Dalam penelitian Kim (2004), bahwa pengemasan pada salad dapat mempertahankan kesegaran, sehingga warna dasar tidak berubah.

Tingkat kecerahan bisa dilihat dari kenampakan warna yang berbeda-beda, perubahan ini terjadi karena kandungan warna (pigmen) pada sayur tersebut terdiri dari klorofil, karotenoid, dan grup flavonoid yang terdiri dari antosianin, antoksantin dan tannin. Pada sayur-sayuran terutama yang berwarna hijau mengandung banyak klorofil. Klorofil terdapat didalam suatu organ sel yang disebut kloroplas (Muchtadi, 1992). Dari sinilah umumnya warna dari sayuran digunakan indeks kesegaran karena setelah dipanen klorofil yang asalnya dominan akan terdegradasi.

Apandi (1984), berpendapat bahwa perubahan warna merupakan perubahan yang paling menonjol pada waktu pemasakan. Perombakan atau degradasi klorofil yang menyebabkan karotenoid yang sudah ada namun tidak nyata, menjadi nyata berwarna kuning. Menurut pantastico *et al* (1993), bahwa sebagian besar perubahan fisiko kimiawi yang terjadi pada buah setelah panen berhubungan dengan respirasi dan perubahan warna sehingga kehilangan kesegaran dan penyusutan kualitas. Warna buah masak disebabkan oleh sintesa karotenoid dan antosianin. Pada periode lewat matang ditandai dengan terjadinya reduksi karoten (berwarna kuning, orange sampai merah).

Sintesa pigmen dan pemecahannya pada sayur dan buah, sangat dipengaruhi oleh kondisi penyimpanan. Dua hormon tumbuh berpengaruh terhadap metabolisme pigmen. Hormon etilen dapat memacu mulainya katabolisme klorofil pada hasil tanaman (Susanto, 1994).

#### 4.1.4 Pengaruh Suhu Penyimpanan dan Pengemasan terhadap Vitamin C

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan terhadap vitamin C menunjukkan adanya pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan terhadap vitamin C. Data selengkapnya tentang vitamin C pada suhu penyimpanan dan pengemasan dari hasil penelitian disajikan pada lampiran 1.

Dari data vitamin C pada lampiran 1 dianalisis menggunakan analisis variansi (ANOVA) dua jalur yang tercantum pada tabel 4.11. Data selengkapnya tercantum pada lampiran 2.

Tabel 4.11 Ringkasan hasil ANOVA dua jalur mengenai pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan terhadap vitamin C brokoli selama 7 hari.

Sumber Keragaman (SK)	Jumlah Kuadrat (JK)	Db	Kuadrat Tengah (KT)	Fhitung (5%)	Ftabel (5%)
Faktor koreksi	0,510	1	0,510	1133,785	4,49
Pengemasan	0,004	1	0,004	8,289	4,49
Suhu	0,061	3	0,020	45,297	3,24
Pengemasan*Suhu	0,020	3	0,007	14,473	3,24
Galat	0,007	16	0,000		
Total	0,601	24			

Berdasarkan tabel 4.11, untuk variabel pengemasan dengan parameter vitamin C brokoli, diperoleh  $F_{hitung} = 8,289$  dan  $F_{tabel} = 4,49$  pada taraf signifikansi 5% ( $\alpha=0,05$ ;  $p=0,01$ ). Oleh karena itu  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , maka hipotesis nol ditolak dan hipotesis satu diterima. Berarti ada pengaruh yang signifikan dari perlakuan pengemasan yang digunakan terhadap vitamin C brokoli. Pada perlakuan suhu penyimpanan diperoleh  $F_{hitung} = 45,297$  dan  $F_{tabel} = 3,24$  pada taraf signifikansi 5% ( $\alpha=0,05$ ;  $p=0,000$ ). Oleh karena itu  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , maka hipotesis nol ditolak dan hipotesis satu diterima. Berarti ada pengaruh yang signifikan dari perlakuan suhu penyimpanan yang digunakan terhadap vitamin C brokoli.

Untuk mengetahui suhu penyimpanan dan pengemasan yang paling berpengaruh terhadap vitamin C brokoli, maka dilanjutkan dengan Uji Jarak Duncan atau DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) dengan taraf signifikansi 5%. Hasil analisis disajikan pada tabel 4.12 sebagai berikut:

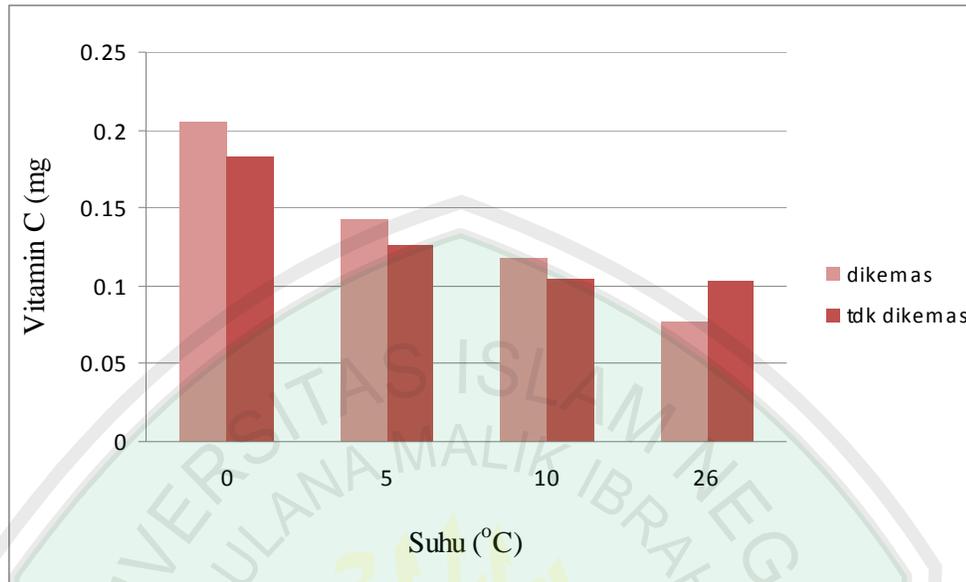
Tabel 4.12 Ringkasan hasil uji duncan dua jalur untuk perlakuan suhu penyimpanan dan pengemasan pada vitamin C selama 7 hari

Perlakuan	Rerata Vitamin C	Notasi
0°C	0,06833 mg	a
5°C	0,14617 mg	b
10°C	0,15933 mg	b
26°C	0,20900 mg	c

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan bahwa tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan 5%.

Berdasarkan tabel 4.12, pada perlakuan suhu penyimpanan 0°C berbeda nyata dengan 5 °C, 10 °C dan 26°C. Perlakuan suhu penyimpanan 5°C dengan 10 °C, 0°C tidak berbeda nyata, akan tetapi berbeda nyata dengan 0°C dan 26°C . Begitu juga dengan perlakuan suhu penyimpanan 26°C berbeda nyata dengan 0°C, 5°C, dan 10 °C. Dari hasil analisis ragam dapat diketahui bahwa vitamin C yang mengalami penurunan paling sedikit adalah pada suhu penyimpanan 0°C dengan dikemas. Hal ini disebabkan karena suhu penyimpanan yang rendah disertai dengan kemasan dapat mempertahankan kesegaran, sehingga vitamin C pada brokoli tetap bisa terjaga.

Rata-rata vitamin C selama 7 hari penyimpanan pada brokoli dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 4.6 Rata-rata vitamin C brokoli pada pengaruh suhu penyimpanan dan pengemasan

Rata-rata vitamin C menunjukkan bahwa untuk brokoli pada suhu penyimpanan 0°C dengan kelembaban 95% yang dikemas plastik poliethylen selama 7 hari penyimpanan mempunyai kadar air tertinggi yaitu 0,20533 mg. Suhu penyimpanan 5°C dan 10°C dikemas nilai vitamin C semakin menurun dengan nilai 0,126 mg dan 0,1833 mg. Vitamin C pada perlakuan kontrol 26°C brokoli yang dikemas nilainya lebih rendah dibandingkan dengan suhu penyimpanan 0°C, 5°C dan 10°C, yang nilainya 0,07667 mg. Brokoli yang tidak dikemas Vitamin C yang tertinggi pada suhu 0°C dengan nilai rata-rata 0,18267 mg dan pada suhu 5°C dan 10°C nilai vitamin C semakin menurun dengan nilai 0,14267 mg dan 0,104 mg. Vitamin C pada perlakuan kontrol 26°C brokoli yang tidak dikemas nilainya lebih rendah dibandingkan dengan suhu penyimpanan 0°C, 5°C dan 10°C, yang nilainya 0,10333 mg. Pada perlakuan kontrol 26°C nilai rata-

rata brokoli yang dikemas lebih kecil dari yang tidak dikemas, hal ini terjadi karena efek pembusukan pada brokoli.

Berdasarkan pemaparan data tersebut dikarenakan pengemasan dengan suhu yang tepat dapat menghambat respirasi sayur sehingga kandungan vitamin C dapat dipertahankan, atau bisa dikatakan suhu mempunyai pengaruh terhadap kecepatan suatu reaksi kimia dalam bahan pangan yang dikatalis oleh kerja enzim, sehingga pada suhu penyimpanan yang paling rendah ( $0^{\circ}\text{C}$ ) kerja enzim akan terhambat dan vitamin C akan tetap terjaga.

Menurut Winarno (1993), vitamin C merupakan vitamin yang mudah rusak. Selain larut dalam air, vitamin C mudah hilang dalam proses oksidasi yang bisa dipercepat oleh panas atau sinar matahari, enzim serta oleh katalis seperti tembaga dan besi sehingga semakin rusak. Seiring dengan penurunan kadar air maka vitamin C juga menurun, hal ini diakibatkan karena terjadi reaksi enzimatik semakin cepat sehingga asam askorbat digunakan sebagai sumber energy dan aktivitas metabolisme sayur.

Menurut Muchtadi (1992) kenaikan suhu sebesar  $10^{\circ}\text{C}$  dalam kisaran  $10^{\circ}\text{C}$ - $38^{\circ}\text{C}$  akan mempercepat reaksi tersebut sebesar dua kalinya. Kebalikannya apabila suhu bahan pangan yang baru dipanen segera diturunkan, penurunan  $10^{\circ}\text{C}$  akan memperlambat reaksi sebesar dua kalinya.

Menurut Apandi (1984), kandungan vitamin C selama penyimpanan tidak banyak mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena konsentrasi  $\text{O}_2$  yang rendah sehingga proses respirasi diperlambat dan perombakan asam askorbat berkurang, produksi etilen tertunda.

## 4.2 Tinjauan Hasil Penelitian Dalam Perspektif Islam

Brokoli adalah sayuran yang bermanfaat bagi kesehatan sehingga dalam hal ini harus diperhatikan dalam mempertahankan agar tetap segar sehingga sehingga ketika akan dikonsumsi tidak terjadi pembusukan. Karena Islam menganjurkan agar mengkonsumsi makanan yang halal lagi baik, sebagaimana firman Allah SWT yang berbunyi:

يَتَأْتِيهَا النَّاسُ كُلُّوا مِمَّا فِي الْأَرْضِ حَلَلًا طَيِّبًا.....

*Artinya: Hai sekalian manusia, makanlah yang halal lagi baik dari apa yang terdapat di bumi..... (Q.S. Al-Baqarah: 168)*

Ayat diatas menerangkan bahwa Allah menciptakan segala sesuatu yang ada dimuka bumi ini sesuai kebutuhan serta manfaatnya. Mengkonsumsi makanan yang halal lagi baik akan mencerminkan dalam kepribadian atau akhlak dan tingkah laku. Dilihat dari sifatnya sayuran mudah layu dan terjadi pembusukan sehingga brokoli perlu adanya perhatian untuk mempertahankan kesegarannya agar kandungan dalam brokoli tersebut tetap terjaga dan bisa dikonsumsi sesuai yang dianjurkan oleh islam. Makanan yang baik akan memberikan pengaruh yang baik pada manusia, sedangkan makanan yang buruk adalah kebalikannya. Oleh karena itulah, Allah SWT memerintahkan hamba-hambanya untuk makan makanan yang baik dan melarang mereka makan makanan yang buruk (Al-fauzan, 2005), Allah SWT berfirman:

*Artinya:.....dan mengharamkan segala yang buruk bagi mereka.....(Q.S. al-A'raf: 157)*

Sayuran merupakan salah satu produk yang dapat dikatakan tidak rawan haram jika ditinjau dari segi zat, tapi yang harus diperhatikan oleh konsumen adalah baik tidaknya sayuran tersebut dikonsumsi. Sayur merupakan salah satu jenis serat alami yang sangat bermanfaat bagi kesehatan manusia (Nurbowo, 2003). Oleh karena itu brokoli salah satu sayuran yang sangat menunjang dalam memenuhi gizi pada tubuh, dan brokoli yang nantinya digunakan sebagai sumber energi yang untuk proses metabolisme dalam tubuh sehingga tubuh bisa beraktifitas,

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh data bahwa suhu yang paling rendah (0°C) dan disertai pengemasan mampu mempertahankan kesegaran brokoli. Sehingga memperkecil laju respirasi CO<sub>2</sub>, susut berat, kadar air, warna, maupun vitamin C. jadi sebaiknya brokoli maupun sayuran lainnya disimpan pada ruang pendingin atau lemari es agar tidak terjadi perubahan-perubahan yang nantinya mengakibatkan kebusukan. Karena itu tidaklah salah apabila al-Qur'an menyatakan bahwa makanan yang tidak halal jika didalamnya terdapat sesuatu yang berbahaya, seperti, racun, khamar, makanan busuk dan lainnya yang dapat mematikan. Allah SWT berfirman:

..... وَلَا تُلْقُوا بِأَيْدِيكُمْ إِلَى التَّهْلُكَةِ ..... ﴿١٩٥﴾

*Artinya: ...Dan janganlah kamu menjatuhkan dirimu sendiri ke dalam kebinasaan,.....(Q.S. al-Baqarah: 195)*

Ayat ini menunjukkan bahwa diharamkan makan dan minum segala sesuatu yang di dalamnya terkandung bahaya. Sebagai orang islam yang taat harus menunjukkan sikap menolak terhadap segala jenis makanan yang dilarang oleh agama. Orang yang makan dan minum dari makanan dan minuman yang haram, menunjukkan bahwa nilai ketakwaan dan keimanan mereka tipis dan rapuh sehingga mudah menerima godaan setan yang ingin menjatuhkan manusia ke dalam jurang neraka yang paling hina.

Adapun manfaat menjauhi makanan dan minuman yang haram bagi umat Islam, antara lain

1. Terhindar dari murka Allah SWT;
2. Membiasakan diri untuk memilih sesuatu yang baik saja;
3. Selain badan kita menjadi sehat kita akan mendapat pahala dari Allah SWT;
4. Menunjukkan pada umat lain bahwa Islam adalah agama yang baik dan mengajarkan hanya yang baik.

Dengan mengetahui adanya makanan halal dan haram, maka sebaiknya kita harus memperhatikan makanan yang akan kita konsumsi agar terhindar dari penyakit.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan pembahasan diatas, maka dapat disimpulkan, bahwa perlakuan suhu penyimpanan dan pengemasan berpengaruh terhadap kesegaran brokoli. Kesegaran brokoli dapat bertahan sampai 7 hari setelah dikemas dengan plastik polyethilen dan disimpan pada suhu rendah (0-5°C).

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil penelitian dapat dikemukakan saran sebagai berikut:

1. Parameter penentuan kesegaran perlu ditambahkan misalnya dengan mengamati sel yang nantinya akan menunjukkan sel-sel yang rusak setelah perlakuan.
2. Sebagai aplikasi dalam masyarakat, penyimpanan pada suhu dingin dan disertai dengan pengemasan plastik polyethilen dapat membantu brokoli tetap terjaga kesegarannya sampai 7 hari.
3. Peneliti selanjutnya agar mengamati interval suhu antara 0°C-5°C atau 0°C-10°C.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Fauzan, S.B.F. 2005. **Ringkasan Fikih Lengkap**. PT Darul Falah. Jakarta
- Apandi, M. 1984. **Teknologi Buah dan Sayur**. IKAPI. Bandung
- Ashari, S. 2006. **Hortikultura Aspek Budidaya**. UI Press. Jakarta
- Cahyono, B. 2001. **Kubis Bunga Dan Broccoli Teknik Budidaya Dan Analisis Usaha Tani**. Kanisus. Yogyakarta
- Citrosomo, S. S. 1984. **Botani Umum 2**. Angkasa. Bandung.
- Dewa, M. 2007. **Fiqih Fleksibel**. PUSTAKA'Azmi. Kediri
- Dewi, D.C. 2008. **Rahasia di Balik Makanan Haram**. Uin Malang Press. Malang
- Demam, J.M. 1997. **Kimia Makanan**. ITB. Bandung
- Finger, F. L. *et al.* 1999. **Physiological changes during postharvest Senescence of broccoli**. Jurnal Pesq. agropec. bras., Brasília, vol 34
- Gardjito, M. and S.A Wardana. 2003. **Hortikultura Teknik Analisis Pasca Panen**. Transemmedia Global Wacana. Magelang, Yogyakarta.
- Hardenburg, R. E. 1971. **Effect of in-package environment on keeping quality of fruits and vegetables**. Hort
- Harris, R. S *dkk.* 1989. **Evaluasi Gizi Pada Pengolahan Bahan Pangan**. Institut Teknologi Bandung. Bandung
- Heddy, S *dkk.* 1994. **Pengantar Produksi Tanaman dan Penanganan Pasca Panen**. PT RajaGrafindo Persada. Jakarta.
- Hendiwinata. 2007. **Pengaruh Penggunaan Metode *Pre Cooling* Pada Proses Pasca Panen Cabai Merah (*Capsicum annum L*) Untuk Mempertahankan Umur Simpan**. Skripsi pada Jurusan Teknik Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian UB. Malang. Tidak Diterbitkan
- Jaya, G. L. T. 2003. **Pengaruh Kondisi Ruang Simpan dan Jenis Kemasan terhadap viabilitas Benih Bengkuang (*Pachyrhizus erosus (L.) Urban.*) pada Beberapa Periode Simpan**. Skripsi pada Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian IPB. Bogor. Tidak Diterbitkan.
- Kays, S. J. 1991. **Postharvest Technology For Southeast Asian Perishable Crop**. Technology and liverhood Resources Center. Manila

- Kim, G, dkk. 2003. **Effect of package film on the quality of fresh-cut salad savoy**. *Postharvest biol.* 3 (3)Volume 7, hal 99-107
- Mathooko, F. M. 1996. **Regulation of ethylene biosynthesis in higher plants by carbon dioxide**. *Postharvest biol. Techno.* 7, 1-26.
- Minarno, E. B. 2004. **Intisari Materi Kuliah Fisiologi Tumbuhan**. Jurusan Biologi UIN Malang, Malang
- Morris, L.L., dan Plantenius, H. 1938. **Low temperature injury to certain vegetables**. 4 (38), volume 10, hal 34-49
- Muchtadi, D. 1992. *Petunjuk Laboratorium Fisiologi Pasca Panen Sayuran dan Buah-Buahan*. IPB, Bogor
- Nurbowo, A.P. **Panduan Belanja dan Konsumsi Halal**. **Khairul Bayaan**. Jakarta
- Pantastico, ER.B. 1968. **Fisiologi Pasca Panen (Penanganan dan Pemanfaatan Buah-Buahan dan Sayur-sayuran Tropika dan Subtropika)**. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Pantastico, ER.B. 1993. **Fisiologi Pasca Panen (Penanganan dan Pemanfaatan Buah-Buahan dan Sayur-sayuran Tropika dan Subtropika)**. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Pantastico, ER.B. 1997. **Fisiologi Pasca Panen (Penanganan dan Pemanfaatan Buah-Buahan dan Sayur-sayuran Tropika dan Subtropika)**. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Purnomo, H. 1995. **Aktivitas Air dan Peranannya dalam pengawetan Pangan**. UI Press. Jakarta
- Rukmana, R. 1995. **Budidaya Kubis Bunga Dan Broccoli**. Kanisus. Yogyakarta
- Rukmana, R. 1994. **Budidaya Kubis Bunga Dan Broccoli**. Kanisus. Yogyakarta
- Rubatzky, V. E dan Y. M. 1998. **Sayuran Dunia 2 (Prinsip, Produksi dan Gizi)**. ITB. Bandung
- Schmidt, L. 2002. **Pedoman Penanganan Benih Tanaman Hutan Tropis dan Sub Tropis 2000**. Direktorat Jendral Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial, Departemen Kehutanan. PT Gramedia
- Sediaoetama, D. A. 2000. **Ilmu Gizi Untuk Mahasiswa Dan Profesi**. Dian Rakyat. Jakarta

- Sumoprastowo. 2004. **Memilih dan Menyimpan Sayur-Mayur, Buah-Buahan, Dan Bahan Makanan.** Bumi Aksara. Jakarta
- Susanto, T. 1994. **Fisiologi dan Teknologi Pasca Panen.** Akademika. Yogyakarta
- Susanto, T dan W, D. 2004. **Dasar-dasar Ilmu Pangan dan Gizi.** Akademika. Yogyakarta
- Syarif dan halid. 1993. **Teknologi Penyimpanan.** Arcan. Jakarta
- Tawali, A.B dkk. 2004. **Pengaruh Suhu Penyimpanan Terhadap Mutu Buah-buahan Impor Yang Dipasarkan Di Sulawesi Selatan.** Jurnal Jurusan Teknologi Pertanian Fapertahut UNHAS
- Thahir dkk. 2005. **Pola Respirasi Mangga (Mangifera Indica) Var Arumanis Selama Penyimpanan pada Suhu Kamar.** Jurnal Sains dan Teknologi, 8 (5), Volume 5, hal 7-28
- Widianarko, B. 2002. **Tips Pangan: teknologi, Nutrisi, Dan Keamanan Pangan.** PT Gramedia Widiasarana Indonesia. Jakarta
- Wills, P.B.H., E.G. Hall.,and T.H. Lee. 1981. **Postharvest (An Introduction and Handling of Fruit and Vegetables).** Asean Australian Economy. Sydney. Australia.
- Winarno, F.G 1993. **Fisiologi Lepas Panen.** Sastra Hudaya. Jakarta
- Yuwono, S.S dan T. Susanto. 1998. **Pengujian Fisik Pangan.** Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Zainal dan Tawali, A.B. 2004. **Perubahan Mutu Buah Anggur Impor (Vitis vinivera) Pada Berbagai Suhu Penyimpanan.** Jurnal Sains dan Teknologi, 8 (4), Vol 4, hal 67-90

Lampiran 1. Data Hasil Perhitungan Kadar CO<sub>2</sub>, Kadar Air, Warna (L, a, b),

Vitamin C

Data Kadar CO<sub>2</sub> pada Brokoli dengan perlakuan suhu penyimpanan dan pengemasan selama 6 jam penyimpanan

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
A1B1	5603.77	4898.11	4192.45	14694.3	4898.11
A1B2	7679.25	3694.34	3943.4	15317	5105.66
A1B3	8260.38	10667.9	14320.8	33249.1	11083.033
A1B4	10917	13905.7	10750.9	35573.6	11857.9
A1B1	10460.4	10709.4	10584.9	31754.7	10584.9
A2B2	14030.2	16686.8	16769.8	47486.8	15828.9
A2B3	13947.2	20962.3	18886.8	53796.2	17932.1
A2B4	16479.2	31754.7	29886.8	78120.8	26040.3
Total	70898.1	81524.5	79449.1	231872	

Data Kadar Air pada Brokoli dengan perlakuan suhu penyimpanan dan pengemasan selama 7 hari

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
A1B1	88.0581	87.3584	92.571	267.988	89.3292
A1B2	86.7577	86.1403	86.4181	259.316	86.4387
A1B3	85.4267	83.137	85.0586	253.622	84.5408
A1B4	77.2991	73.8785	78.5784	229.756	76.5853
A2B1	87.4343	86.454	86.035	259.923	86.6411
A2B2	85.6733	84.4859	84.6115	254.771	84.9236
A2B3	83.4483	82.8905	80.5624	246.901	82.3004
A2B4	78.8088	75.7576	76.6742	231.241	78.0802
Total	672.906	660.102	670.509	2003.52	

Data Warna (L, a, b) pada Brokoli dengan perlakuan suhu penyimpanan dan pengemasan selama 7 hari

Warna L (Lightness / tingkat kecerahan)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
A1B1	44.9	47.7	52.2	144.8	48.2667
A1B2	50.2	52.8	50.8	153.8	51.2667
A1B3	52.3	53.3	57.1	162.7	54.2333
A1B4	49.1	62.9	59.1	171.1	57.0333
A2B1	44.3	47.84	52.2	144.34	48.1133
A2B2	50.7	52.4	50.9	154	51.3333
A2B3	53.7	54.3	57.5	165.5	55.1667
A2B4	65.6	69.9	75.4	178.9	59.6333
Total	404.8	434.14	442.2	1275.14	

Warna a (Koordinat kromatit)is)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
A1B1	5.7	4.4	5	15.1	5.03333
A1B2	5.3	5.9	5.9	17.1	5.7
A1B3	6.7	5.7	4.3	16.7	5.56667
A1B4	9.8	5.5	8.3	25.6	8.53333
A2B1	5.7	4.4	5	15.1	5.03333
A2B2	5.8	5.7	5.7	17.2	5.73333
A2B3	7	7.3	5.8	20.1	6.7
A2B4	10.9	13.3	16.3	34.5	11.5
Total	62.9	48.2	56.3	161.4	

Warna b (Koordinat kromatit)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
A1B1	6.4	5.7	5.1	17.2	5.73333
A1B2	6.1	6.3	5.2	17.6	5.86667
A1B3	5.4	6.6	5.8	17.8	5.93333
A1B4	20.5	7.3	8	35.8	11.9333
A2B1	7.4	7.9	8.5	23.8	7.93333
A2B2	8.3	8.4	8.7	25.4	8.46667
A2B3	9.8	9.2	10.5	29.5	9.83333
A2B4	17.3	16.8	16	50.1	16.7
Total	82.2	70.2	70.8	217.2	

Data Vitamin C pada Brokoli dengan perlakuan suhu penyimpanan dan pengemasan selama 7 hari

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
A1B1	0.196	0.186	0.264	0.616	0.20533
A1B2	0.164	0.151	0.163	0.378	0.126
A1B3	0.158	0.149	0.148	0.355	0.11833
A1B4	0.004	0.007	0.009	0.23	0.07667
A2B1	0.192	0.172	0.244	0.548	0.18267
A2B2	0.159	0.143	0.176	0.428	0.14267
A2B3	0.144	0.141	0.137	0.342	0.104
A2B4	0.135	0.132	0.123	0.31	0.10333
Total	1.932	3.215	4.06	3.207	

Keterangan:

A1: Dikemas

A2: Tidak dikemas

B1: Suhu Penyimpanan 0°C

B2: Suhu Penyimpanan 5°C

B3: Suhu Penyimpanan 10°C

B4: Suhu Kamar 26°C

Lampiran 2. Perhitungan Analysis of Variance (ANOVA) Dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK)

1. Kadar CO<sub>2</sub>  
Univariate Analysis of Variance

Warnings

Post hoc tests are not performed for pngemsn because there are fewer than three groups.

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
pngemsn	1.0000 dikemas	12
	2.0000 tdk dikemas	12
variasi suhu	1.0000 26	6
	2.0000 0	6
	3.0000 5	6
	4.0000 10	6

Descriptive Statistics

Dependent Variable: jumlah kadar co2

pngemsn	variasi suhu	Mean	Std. Deviation	N
dikemas	26	11083.026667	3051.4619867	3
	0	4898.110000	705.6600000	3
	5	5105.663333	2232.2676741	3
	10	11857.866667	1775.4191965	3
	Total	8236.166667	3842.1230602	12
tdk dikemas	26	26040.233333	8332.6035189	3
	0	10584.900000	124.5000000	3
	5	15828.933333	1558.3014642	3
	10	17932.100000	3603.6781307	3
	Total	17596.541667	7011.7655776	12
Total	26	18561.630000	9930.4023103	6
	0	7741.505000	3147.5794931	6
	5	10467.298333	6120.5461208	6
	10	14894.983333	4186.2079420	6
	Total	12916.354167	7309.5950885	24

**Levene's Test of Equality of Error Variances(a)**

Dependent Variable: jumlah kadar co2

F	df1	df2	Sig.
6.286	7	16	.001

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a Design: Intercept+PNGEMSAN+SUHU+PNGEMSAN \* SUHU

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: jumlah kadar co2

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1023279968.698(a)	7	146182852.671	11.375	.000
Intercept	4003972919.010	1	4003972919.010	311.572	.000
PNGEMSAN	525699720.844	1	525699720.844	40.908	.000
SUHU	411366305.917	3	137122101.972	10.670	.000
PNGEMSAN * SUHU	86213941.937	3	28737980.646	2.236	.123
Error	205614179.522	16	12850886.220		
Total	5232867067.230	24			
Corrected Total	1228894148.220	23			

a R Squared = .833 (Adjusted R Squared = .759)

**Post Hoc Tests  
variasi suhu  
Homogeneous Subsets  
jumlah kadar co2**

Duncan

variasi suhu	N	Subset	
		1	2
0	6	7741.505000	
5	6	10467.298333	
10	6		14894.983333
26	6		18561.630000
Sig.		.206	.096

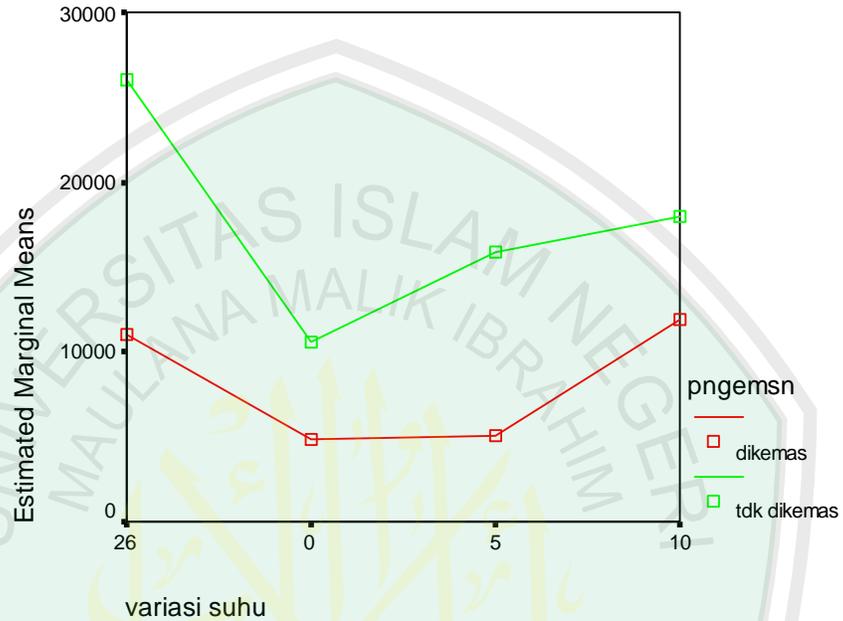
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 12850886.220.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

b Alpha = .05.

## Profile Plots

Estimated Marginal Means of jumlah kadar c



## 2. Kadar Air

### Univariate Analysis of Variance

#### Warnings

Post hoc tests are not performed for pngemsn because there are fewer than three groups.

#### Between-Subjects Factors

	Value Label	N
pngemsn	1.0000	dikemas 12
	2.0000	tdk dikemas 12
variasi suhu	1.0000	26 6
	2.0000	0 6
	3.0000	5 6
	4.0000	10 6

### Descriptive Statistics

Dependent Variable: jumlah kadar air

pngemsn	variasi suhu	Mean	Std. Deviation	N
dikemas	26	76.585333	2.4298893	3
	0	89.329167	2.8292238	3
	5	86.438700	.3092151	3
	10	84.540767	1.2295507	3
	Total	84.223492	5.2160951	12
tdk dikemas	26	77.080200	1.5655933	3
	0	86.641100	.7181678	3
	5	84.923567	.6523181	3
	10	82.300400	1.5307737	3
	Total	82.736317	3.9093186	12
Total	26	76.832767	1.8481466	6
	0	87.985133	2.3613174	6
	5	85.681133	.9471757	6
	10	83.420583	1.7457944	6
	Total	83.479904	4.5714842	24

### Levene's Test of Equality of Error Variances(a)

Dependent Variable: jumlah kadar air

F	df1	df2	Sig.
3.359	7	16	.021

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept+PNGEMSAN+SUHU+PNGEMSAN \* SUHU

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: jumlah kadar air

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	438.161(a)	7	62.594	23.563	.000
Intercept	167253.466	1	167253.466	62960.342	.000
PNGEMSAN	13.270	1	13.270	4.995	.040
SUHU	415.983	3	138.661	52.197	.000
PNGEMSAN * SUHU	8.908	3	2.969	1.118	.371
Error	42.504	16	2.656		
Total	167734.130	24			
Corrected Total	480.665	23			

a. R Squared = .912 (Adjusted R Squared = .873)

## Post Hoc Tests variasi suhu Homogeneous Subsets

jumlah kadar air

Duncan

variasi suhu	N	Subset			
		1	2	3	4
26	6	76.832767			
10	6		83.420583		
5	6			85.681133	
0	6				87.985133
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

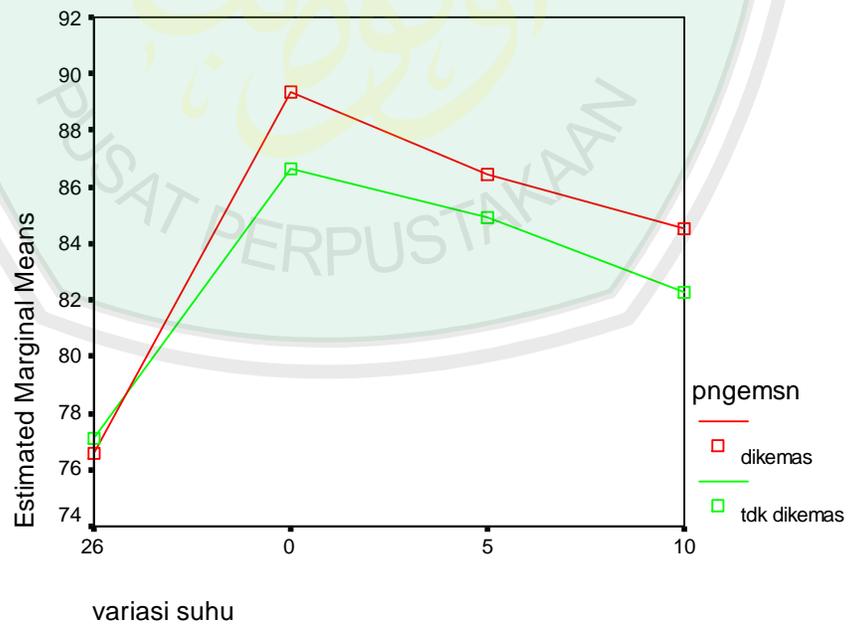
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 2.656.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

b Alpha = .05.

## Profile Plots

Estimated Marginal Means of jumlah kadar air



### 3. Warna (L, a, b)

#### Warna L (Tingkat kecerahan)

## Univariate Analysis of Variance

### Warnings

Post hoc tests are not performed for pngemsn because there are fewer than three groups.

#### Between-Subjects Factors

		Value Label	N
Pngemsn	1.0	dikemas	12
	2.0	tdk dikemas	12
variasi suhu	1.0	26	6
	2.0	0	6
	3.0	5	6
	4.0	10	6

#### Descriptive Statistics

Dependent Variable: tingkat kecerahan (L)

pngemsn	variasi suhu	Mean	Std. Deviation	N
dikemas	26	57.033	7.1283	3
	0	48.267	3.6828	3
	5	51.267	1.3614	3
	10	54.233	2.5325	3
	Total	52.700	4.9891	12
tdk dikemas	26	70.300	4.9122	3
	0	48.113	3.9571	3
	5	51.333	.9292	3
	10	55.167	2.0429	3
	Total	56.228	9.3250	12
Total	26	63.667	9.0983	6
	0	48.190	3.4199	6
	5	51.300	1.0431	6
	10	54.700	2.1204	6
	Total	54.464	7.5326	24

#### Levene's Test of Equality of Error Variances(a)

Dependent Variable: tingkat kecerahan (L)

F	df1	df2	Sig.
2.061	7	16	.109

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept+PNGEMSAN+SUHU+PNGEMSAN \* SUHU

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: tingkat kecerahan (L)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1070.068(a)	7	152.867	10.411	.000
Intercept	71192.291	1	71192.291	4848.433	.000
PNGEMSAN	74.695	1	74.695	5.087	.038
SUHU	804.712	3	268.237	18.268	.000
PNGEMSAN * SUHU	190.660	3	63.553	4.328	.021
Error	234.937	16	14.684		
Total	72497.296	24			
Corrected Total	1305.005	23			

a. R Squared = .820 (Adjusted R Squared = .741)

### Post Hoc Tests variasi suhu Homogeneous Subsets tingkat kecerahan (L)

Duncan

variasi suhu	N	Subset		
		1	2	3
0	6	48.190		
5	6	51.300	51.300	
10	6		54.700	
26	6			63.667
Sig.		.179	.144	1.000

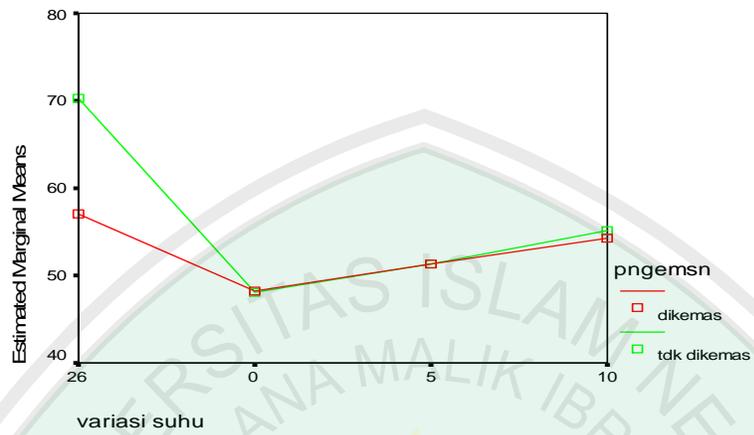
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 14.684.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

b Alpha = .05.

## Profile Plots

Estimated Marginal Means of tingkat kecerahar



### 4. Warna a (Koordinat Kromatitisi) Univariate Analysis of Variance Warnings

Post hoc tests are not performed for pngemsn because there are fewer than three groups.

#### Between-Subjects Factors

		Value Label	N
Pngemsn	1.0	dikemas	12
	2.0	tdk dikemas	12
variasi suhu	1.0	26	6
	2.0	0	6
	3.0	5	6
	4.0	10	6

## Descriptive Statistics

Dependent Variable: koordinat kromatitits (a)

pngemsn	variasi suhu	Mean	Std. Deviation	N
dikemas	26	7.867	2.1825	3
	0	5.033	.6506	3
	5	5.700	.3464	3
	10	5.567	1.2055	3
	Total	6.042	1.5837	12
tdk dikemas	26	13.500	2.7055	3
	0	5.033	.6506	3
	5	5.733	.0577	3
	10	6.700	.7937	3
	Total	7.742	3.7367	12
Total	26	10.683	3.7886	6
	0	5.033	.5820	6
	5	5.717	.2229	6
	10	6.133	1.1039	6
	Total	6.892	2.9379	24

## Levene's Test of Equality of Error Variances(a)

Dependent Variable: koordinat kromatitits (a)

F	df1	df2	Sig.
2.556	7	16	.057

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept+PNGEMSAN+SUHU+PNGEMSAN \* SUHU

## Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: koordinat kromatitits (a)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	168.245(a)	7	24.035	12.703	.000
Intercept	1139.882	1	1139.882	602.448	.000
PNGEMSAN	17.340	1	17.340	9.165	.008
SUHU	118.715	3	39.572	20.914	.000
PNGEMSAN * SUHU	32.190	3	10.730	5.671	.008
Error	30.273	16	1.892		
Total	1338.400	24			
Corrected Total	198.518	23			

a. R Squared = .848 (Adjusted R Squared = .781)

## Post Hoc Tests variasi suhu Homogeneous Subsets

koordinat kromatit (a)

Duncan

variasi suhu	N	Subset	
		1	2
0	6	5.033	
5	6	5.717	
10	6	6.133	
26	6		10.683
Sig.		.207	1.000

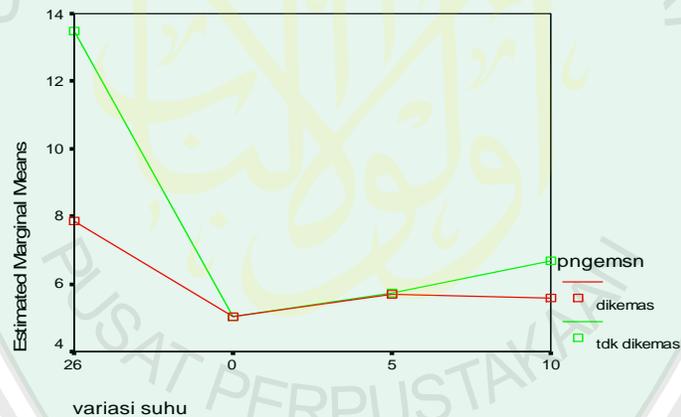
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 1.892.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

b Alpha = .05.

## Profile Plots

Estimated Marginal Means of koordinat kromati



**5. Warna b (Koordinat Kromatit)**  
**Univariate Analysis of Variance**  
 Warnings

Post hoc tests are not performed for pngemsn because there are fewer than three groups.

**Between-Subjects Factors**

	Value Label	N
pngemsn	1.0 dikemas	12
	2.0 tdk dikemas	12
variasi suhu	1.0 26	6
	2.0 0	6
	3.0 5	6
	4.0 10	6

**Descriptive Statistics**

Dependent Variable: koordinat kromatit (b)

pngemsn	variasi suhu	Mean	Std. Deviation	N
dikemas	26	11.933	7.4272	3
	0	5.733	.6506	3
	5	5.867	.5859	3
	10	5.933	.6110	3
	Total	7.367	4.2221	12
tdk dikemas	26	16.700	.6557	3
	0	7.933	.5508	3
	5	8.467	.2082	3
	10	9.833	.6506	3
	Total	10.733	3.6997	12
Total	26	14.317	5.3901	6
	0	6.833	1.3201	6
	5	7.167	1.4774	6
	10	7.883	2.2094	6
	Total	9.050	4.2460	24

**Levene's Test of Equality of Error Variances(a)**

Dependent Variable: koordinat kromatit (b)

F	df1	df2	Sig.
12.467	7	16	.000

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept+PNGEMSAN+SUHU+PNGEMSAN \* SUHU

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: koordinat kromatit (b)

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	299.653(a)	7	42.808	5.955	.002
Intercept	1965.660	1	1965.660	273.467	.000
PNGEMSAN	68.007	1	68.007	9.461	.007
SUHU	225.357	3	75.119	10.451	.000
PNGEMSAN * SUHU	6.290	3	2.097	.292	.831
Error	115.007	16	7.188		
Total	2380.320	24			
Corrected Total	414.660	23			

a. R Squared = .723 (Adjusted R Squared = .601)

### Post Hoc Tests variasi suhu

#### Homogeneous Subsets

koordinat kromatit (b)

Duncan

variasi suhu	N	Subset	
		1	2
0	6	6.833	
5	6	7.167	
10	6	7.883	
26	6		14.317
Sig.		.530	1.000

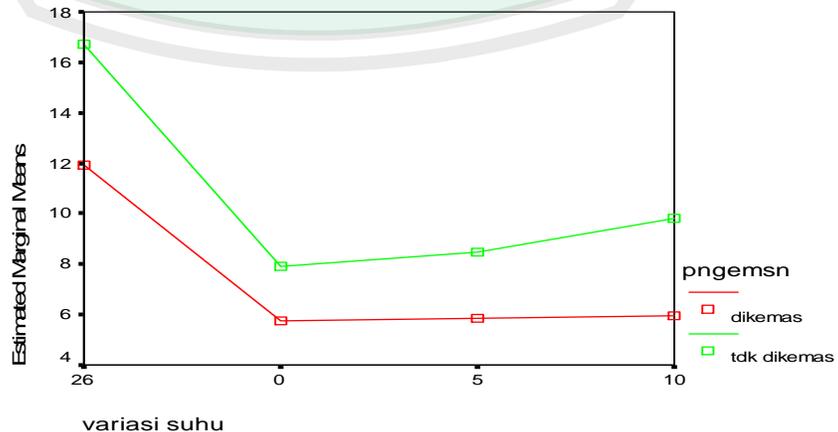
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 7.188.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

b. Alpha = .05.

### Profile Plots

Estimated Marginal Means of koordinat kromat



**6. Vitamin C**  
**Univariate Analysis of Variance**  
 Warnings

Post hoc tests are not performed for pngemsn because there are fewer than three groups.

**Between-Subjects Factors**

	Value Label	N
Pngemsn	1.000 dikemas	12
	2.000 tdk dikemas	12
variasi suhu	1.000 26	6
	2.000 0	6
	3.000 5	6
	4.000 10	6

**Descriptive Statistics**

Dependent Variable: vitamin C

pngemsn	variasi suhu	Mean	Std. Deviation	N
dikemas	26	.00667	.002517	3
	0	.21533	.042442	3
	5	.15933	.007234	3
	10	.15167	.005508	3
	Total	.13325	.082640	12
tdk dikemas	26	.13000	.006245	3
	0	.20267	.037166	3
	5	.15933	.016503	3
	10	.14067	.003512	3
	Total	.15817	.033917	12
Total	26	.06833	.067687	6
	0	.20900	.036348	6
	5	.15933	.011396	6
	10	.14617	.007305	6
	Total	.14571	.063074	24

**Levene's Test of Equality of Error Variances(a)**

Dependent Variable: vitamin C

F	df1	df2	Sig.
6.030	7	16	.001

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept+PNGEMSAN+SUHU+PNGEMSAN \* SUHU

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: vitamin C

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.084(a)	7	.012	26.800	.000
Intercept	.510	1	.510	1133.785	.000
PNGEMSAN	.004	1	.004	8.289	.011
SUHU	.061	3	.020	45.297	.000
PNGEMSAN * SUHU	.020	3	.007	14.473	.000
Error	.007	16	.000		
Total	.601	24			
Corrected Total	.092	23			

a. R Squared = .921 (Adjusted R Squared = .887)

### Post Hoc Tests variasi suhu Homogeneous Subsets vitamin C

Duncan

variasi suhu	N	Subset		
		1	2	3
26	6	.06833		
10	6		.14617	
5	6		.15933	
0	6			.20900
Sig.		1.000	.298	1.000

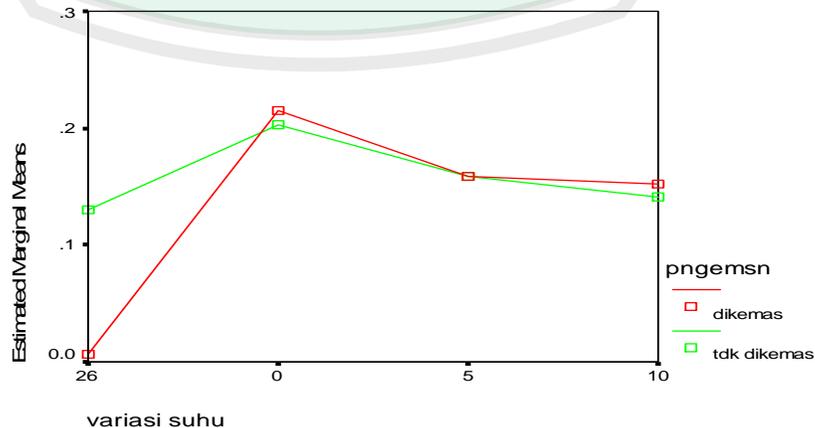
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = .000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

b. Alpha = .05.

### Profile Plots

Estimated Marginal Means of vitamin C



Lampiran 3. Gambar Alat dan Bahan



**Color Reader**



**Thermohigrometer**



**Alat titrasi**



**Brokoli (*Brassica oleracea* var Royal green L)**



Perakitan CO<sub>2</sub>

**Sarung Tangan dan keranjang**

