

**PENGARUH PERLAKUAN *PRE COOLING* METODE  
*CONTACT ICING* dan SUHU PENYIMPANAN TERHADAP  
KUALITAS PASCA PANEN BUAH JERUK KEPROK  
(*Citrus nobilis* L.)**



Oleh:

**Nurma Dewi Lathifah**

**(04520008)**

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

**2008**

**PENGARUH PERLAKUAN *PRE COOLING* METODE  
*CONTACT ICING* dan SUHU PENYIMPANAN TERHADAP  
KUALITAS PASCA PANEN BUAH JERUK KEPROK  
(*Citrus nobilis* L.)**

**SKRIPSI**

Diajukan Kepada:

Universitas Islam Negeri Malang

Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam

Menempuh Gelar Sarjana Sains (S. Si)

Oleh:

**Nurma Dewi Lathifah**

**(04520008)**

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

# PERSEMBAHAN

Teriring do'a dan rasa syukur yang teramat dalam, ku persembahkan karya sederhana ini kepada:

Ayah dan Ibu tercinta

yang telah memberikan dukungan moril maupun materiil serta kasih sayang dan iringan do'a yang tiada henti-hentinya dalam setiap gerak langkahku

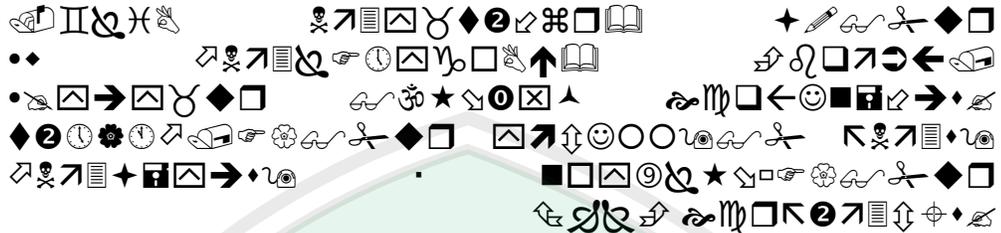
Kakak-kakakku tersayang (Ning Nanik, Ning Titik, Ade Riza, Mas Maburr, Mas Imam), dan Keponakan kecilku Shalsa, Chika dan Ibrahim yang selalu ada di hati sanubariku, serta keluarga besarku yang selalu melimpahkan do'a untukku

Bapak Drs. Eko Budi Minarno terimakasih atas bimbingannya, Semua guru-guruku dan dosen-dosenku yang selalu Mencerahkan Ilmu dengan penuh ketulusan dan kesabaran

Thank's My Sweet Friend (Thowillah, Lina, Izzul, Liel)

Seluruh Crew Pink House yang selalu mewarnai hari-hariku  
Mas Afif (My Inspiration), Rekan-rekan Bio '04 Thanks Banget atas Motivasinya

# MOTTO



Artinya” Dan Allah mengeluarkan kamu dari perut ibumu dalam keadaan tidak mengetahui sesuatu pun, dan dia memberi kamu pendengaran, penglihatan dan hati, agar kamu bersyukur (menggunakanya sesuai dengan petunjuk Ilahi untuk memperoleh pengetahuan) (QS Al-Nahl :78).



Artinya "Perhatikanlah apa yang ada di langit dan di bumi (QS Yunus: 101).

Ambillah waktu untuk berfikir, itu adalah sumber kekuatan.

Ambillah waktu untuk bermain, itu adalah rahasia dari masa muda yang abadi.

Ambillah waktu untuk berdoa, itu adalah sumber ketenangan.

Ambillah waktu untuk belajar, itu adalah sumber kebijaksanaan.

Ambillah waktu untuk mencintai dan dicintai, itu adalah hak istimewa yang diberikan Tuhan.

Ambillah waktu untuk bersahabat, itu adalah jalan menuju kebahagiaan.

Ambillah waktu untuk tertawa, itu adalah musik yang menggetarkan hati.

Ambillah waktu untuk memberi, itu adalah membuat hidup terasa berarti.

Ambillah waktu untuk bekerja, itu adalah nilai keberhasilan.

Ambillah waktu untuk beramal, itu adalah kunci menuju surga

## KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah puji syukur kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya kepada kita semua, sholawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita nabi besar Muhammad SAW, sehingga penulis bisa menyelesaikan penulisan skripsi sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains (S. Si). Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah berpartisipasi dan membantu dalam penyelesaian penulisan skripsi ini. Untuk itu, iringan doa dan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan, utamanya kepada:

1. Prof. Dr. H. Imam Suprayogo, selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Malang.
2. Prof. Drs. H. Sutiman Bambang Sumitro, S. U, D. Sc, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Malang.
3. Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M. Si, selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi.
4. Drs. Eko Budi Minarno, M. Pd, selaku dosen pembimbing bidang Biologi. Terimakasih atas bimbingan, bantuan, motivasi, semangat, dan petunjuk dengan penuh kesabaran dan keuletan, sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan .
5. Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M. Si, selaku dosen pembimbing bidang agama Islam. Terimakasih atas bimbingan, bantuan dan kesabarannya, sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan .

6. Ayah-Ibuku tercinta dan saudara-saudaraku dengan sepenuh hati selalu memberi dukungan materiil dan spirituil, serta memberi motivasi, ketulusan doa yang tak henti-hentinya terucap sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan.
7. Teman-teman Biologi angkatan 2004 beserta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Terucap doa semoga amal mereka dicatat Allah SWT sebagai amal yang sholeh, amin. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat menambah khasanah ilmu pengetahuan. Amin...

Malang,

Oktober 2008

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	vii
<b>ABSTRAK</b> .....	viii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	5
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Hipotesis Penelitian.....	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
1.6. Batasan Masalah.....	6
1.7. Definisi Operasional.....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Tinjauan Umum Tentang Buah Jeruk ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	8
2.1.1 Morfologi Tanaman Buah Jeruk.....	9
2.2. Ekologi Buah Jeruk.....	11
2.3. Pengaruh Suhu Terhadap kualitas Pasca Panen.....	12
2.4. Pendinginan Pendahuluan ( <i>Pre-cooling</i> ).....	14
2.5. Penyimpanan Dingin.....	22
2.6. Suhu dan Kelembaban.....	24
2.7. Respirasi dan Transpirasi.....	25
2.7.1. Pengukuran Laju Respirasi.....	28
2.7.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Respirasi .....	29
2.8. Perubahan Yang Terjadi Selama Pemasakan Buah.....	30
2.9. Peranan Enzim.....	31
2.9.1. Mekanisme Kerja Enzim.....	33
2.10. Aroma Dan Warna.....	34
2.11. <i>Chilling Injury</i> .....	36

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1. Rancangan Penelitian.....	37
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian.....	37
3.3. Alat dan Bahan.....	38
3.3.1 Alat-alat yang digunakan dalam penelitian.....	38
3.3.2 Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian.....	38
3.4. Prosedur Penelitian.....	38
3.5. Parameter Pengamatan.....	39
3.6. Analisis Data.....	41

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

4.1. Hasil Penelitian Laju Respirasi Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	42
4.2. Perubahan Tekstur Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.) Selama Perlakuan <i>Pre cooling</i> Metode <i>Contact Icing</i> .....	50
4.3. Perubahan Susut Berat Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	56
4.4. Uji Organoleptik.....	59
4.4.1. Uji Organoleptik Warna Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	61
4.4.2 Uji Organoleptik Aroma Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	66

### **BAB V PENUTUP**

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

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

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

## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
2.5.	Kondisi penyimpanan beberapa buah dan sayuran.....	23
4.1.1.	Data Hasil Laju Respirasi (mg.CO <sub>2</sub> /jam. g) Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> . L.).....	42
4.1.2.	Ringkasan Analisis Variansi Laju Respirasi Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	44
4.1.3.	Hasil Uji BNT Laju Respirasi Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	44
4.2.1.	Data Hasil Perhitungan Tekstur (mm.gr/s) Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	51
4.2.2.	Ringkasan Analisis Variansi Terhadap Tekstur Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	52
4.2.3.	Hasil Uji BNT Tekstur Buah Jeruk Keprok.....	53
4.3.1.	Data Hasil Perhitungan Susut Berat (g) Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	56
4.3.2.	Ringkasan Analisis Variansi Susut Berat Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	57
4.3.3.	Hasil Uji BNT Susut Berat.....	58

## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
2.1.1.	Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	11
4.1.1.	Diagram Batang Laju Respirasi Buah Jeruk Keprok( <i>Citrus nobilis</i> L.) pada Penyimpanan Suhu 10 °C dan 25 °C.....	43
4.2.1.	Diagram Batang Tekstur Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.) pada Penyimpanan Suhu 10 °C dan 25 °C.....	51
4.3.1.	Diagram Batang Susut Berat Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.) pada Penyimpanan Suhu 10 °C dan 25 °C.....	56
4.4.1.	Diagram Batang Persentase Kategori Sangat Suka terhadap Warna Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	62
4.4.2.	Diagram Batang Persentase Kategori Suka terhadap Warna Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	63
4.4.3.	Diagram Batang Persentase Kategori Antara Tidak Suka dan Suka terhadap Warna Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	63
4.4.4.	Diagram Batang Persentase Kategori Suka terhadap Warna Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	63
4.4.5.	Diagram Batang Persentase Kategori Tidak Suka terhadap Warna Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	64
4.4.6.	Diagram Batang Persentase Kategori Sangat Tidak Suka terhadap Warna Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	64
4.4.7.	Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	65
4.4.8.	Diagram Batang Persentase Kategori Sangat Suka terhadap Aroma Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	67
4.4.9.	Diagram Batang Persentase Kategori Suka terhadap Aroma Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	68
4.4.10.	Diagram Batang Persentase Kategori Tidak Suka terhadap Aroma Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	68
4.4.11.	Diagram Batang Persentase Kategori Antara Tidak Suka dan Suka terhadap Aroma Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	68
4.4.12.	Diagram Batang Persentase Kategori Tidak Suka terhadap Aroma Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	69
4.4.13.	Diagram Batang Persentase Kategori Sangat Tidak Suka terhadap Aroma Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	69

## DAFTAR LAMPIRAN

Judul	Halaman
Lampiran 1. Data Hasil Penelitian .....	75
Lampiran 2. Persentase Uji Organoleptik.....	78
Lampiran 3. Analisis Data .....	79
Lampiran 4. Gambar Foto Penelitian.....	92



## ABSTRAK

Lathifah, D.N. 2008. **Pengaruh Perlakuan *Pre Cooling* Metode *Contact Icing* dan Suhu Penyimpanan terhadap Kualitas Pasca Panen Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.)**. Pembimbing: (1) Drs. Eko Budi Minarno, M. P.d ; (2) Dr . drh Bayyinatul Muchtaromah. M.Si.

**Kata kunci:** *Pre Cooling*, Kualitas Pasca Panen, Jeruk Keprok.

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. Tujuan dari pendinginan pendahuluan (*pre cooling*) ini adalah untuk memperlambat respirasi, memperkecil kerentanan terhadap serangan mikroorganisme, mengurangi kehilangan air, dan meringankan beban sistem pendinginan pada kendaraan pengangkutan. Penyimpanan yang baik adalah menggunakan pendingin, karena suhu yang dingin dapat menghambat kerusakan fisiologis, penguapan serta aktivitas mikroorganisme yang mengganggu sehingga mutu serta kualitas buah dari mulai panen sampai diterima ditangan konsumen masih tetap terjaga.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui (1) pengaruh perlakuan *pre cooling* metode *contact icing* dan suhu penyimpanan terhadap kualitas pasca panen buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.)

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen dengan menggunakan Rancangan Petak Terbagi (*Split-plot design*) yang terdiri dari dua faktor: faktor I adalah Main treatment, dimana perlakuan terdiri dari dua level yaitu Penyimpanan pada lemari pendingin pada suhu 10°C (T<sub>1</sub>) dan penyimpanan pada suhu kamar (25°C ± 27°C) (T<sub>2</sub>). Faktor II Sub-treatment adalah suhu penyimpanan terdiri dari tiga level yaitu: Buah jeruk di *pre cooling* pada suhu 10°C (P<sub>1</sub>) buah jeruk di *pre cooling* pada suhu 15°C (P<sub>2</sub>), buah jeruk tanpa *pre cooling* (P<sub>3</sub>). Penelitian ini dilaksanakan di Jl. Soekarno Hatta, Desa Bondoyudo, Kecamatan Sukodono, Kabupaten Lumajang. Dilanjutkan di Laboratorium Sentral dan Ilmu Pangan, Universitas Brawijaya Malang selama bulan Juni sampai Juli 2008. Teknis analisis data menggunakan Uji BNT dengan taraf signifikansi 5%.

Hasil penelitian menunjukkan ada pengaruh perlakuan *pre cooling* metode *contact icing* dan suhu penyimpanan terhadap kualitas pasca panen buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.). Perlakuan *pre cooling* metode *contact icing* ini dapat menghambat laju respirasi buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L), laju respirasi pada perlakuan tanpa *pre cooling* dan suhu penyimpanan 25 °C (T<sub>2</sub>P<sub>3</sub>) meningkat lebih tinggi, susut berat pada perlakuan *pre cooling* lebih kecil dibandingkan susut berat tanpa perlakuan *pre cooling* (T<sub>1</sub>P<sub>3</sub> dan T<sub>2</sub>P<sub>3</sub>) lebih besar, tekstur buah jeruk tanpa perlakuan *pre cooling* (T<sub>1</sub>P<sub>3</sub> dan T<sub>2</sub>P<sub>3</sub>) lebih lunak. Hasil uji organoleptik yang paling banyak disukai oleh panelis adalah warna dan aroma pada perlakuan *pre cooling* 10 °C (P<sub>1</sub>) dan suhu penyimpanan 10 °C (T<sub>1</sub>).

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

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 (Anggrahini dan Hadiwiyoto, 1988 dalam Winata, 2006).

Pada saat sayuran dan buah dipanen dan disimpan, perubahan kimiawi dan biokimiawi berlangsung secara terus menerus. Mutu sayuran dan buah tersebut berangsur-angsur turun sejalan dengan proses transpirasi, respirasi, dan perubahan fisika dan biokimia lain yang terjadi. Akhirnya, oleh aktivitas enzim atau mikroorganisme perusak, produk hasil tanaman akan mencapai suatu titik kerusakan yang tidak dapat lagi diterima oleh konsumen atau pengolah (Harris, 1989).

Selama pertumbuhan dan pemasakan, sayuran dan buah sangat bergantung pada fotosintesis dan penyerapan air maupun mineral tanaman induknya, tetapi setelah pemetikan buah maupun sayuran merupakan satu unit tersendiri yang tidak lagi bergantung pada tanaman induknya sehingga melakukan proses respirasi dan transpirasi (Harris, 1989).

Menelusuri pandangan Al-Qur'an tentang teknologi, mengundang kita menengok sekian banyak ayat Al-Qur'an yang berbicara tentang alam raya. Menurut sebagian ulama, terdapat sekitar 750 ayat Al-Qur'an yang berbicara tentang alam materi dan fenomenanya, dan memerintahkan manusia untuk mengetahui dan memanfaatkan alam ini. Secara tegas dan berulang-ulang Al-Qur'an menyatakan bahwa alam raya diciptakan dan ditundukkan Allah untuk manusia (Syihab, 1996).

وَسَخَّرَ لَكُم مَّا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِّنْهُ إِنَّ فِي ذَلِكَ  
لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ

Artinya” Dan dia Telah menundukkan untukmu apa yang di langit dan apa yang di bumi semuanya, (sebagai rahmat) daripada-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang berfikir (QS Al-Jatsiy: 13).

Penundukan tersebut secara potensial terlaksana melalui hukum-hukum alam yang ditetapkan Allah dan kemampuan yang dianugerahkan-Nya kepada manusia, sehingga manusia bisa menciptakan teknologi. Teknologi yang penting di bidang pertanian antara lain adalah teknologi pasca panen yang meliputi penyimpanan hasil pertanian baik buah-buahan dan sayur-sayuran karena hasil pertanian sering mengalami penyusutan terutama susut berat. Hal ini disebabkan komoditas tersebut masih melakukan aktivitas biologisnya, saat terpapar di pasar terpaan sinar matahari dan kelembaban juga sangat mempengaruhi kualitas produk. Salah cara untuk mengatasi susut kualitas tersebut teknologi yang sering digunakan adalah dengan cara “penyimpanan dingin” (Tim teknik pertanian, 2006).

Salah satu cara penyimpanan dingin adalah dengan pendinginan pendahuluan (*pre cooling*). Pendinginan pendahuluan (*pre cooling*) merupakan upaya untuk menghilangkan panas lapang. Metode *pre cooling* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *contact icing*, yaitu metode dimana komoditi yang akan di *pre cooling* langsung dimasukkan ke dalam *box storage* yang telah berisikan es. Metode ini digunakan karena merupakan metode yang paling mudah dan cepat dilakukan (Hardenburg, 1986).

Penyimpanan pada suhu yang dingin dapat menghambat kerusakan fisiologis, penguapan serta aktivitas mikroorganisme yang mengganggu sehingga mutu serta kualitas buah dari mulai panen sampai diterima di tangan konsumen masih tetap terjaga. Tujuan umum penyimpanan dingin adalah untuk memperlambat transpirasi, respirasi hasil, memperkecil kerentanan terhadap serangan mikroorganisme, mengurangi kehilangan air, dan meringankan beban sistem pendinginan pada kendaraan pengangkutan atau kapal pengangkut (Pantastico, 1973).

Hasil penelitian Winata (2006), bahwa cabai tanpa di *pre cooling* kemudian disimpan pada suhu kamar 25° C menunjukkan respirasi yang tinggi diakibatkan metabolisme cabai secara terus menerus untuk menuju tingkat kematangan. Sebaliknya pada cabai dengan perlakuan *pre cooling* yang dilanjutkan disimpan pada suhu kamar 25° C menunjukkan laju respirasi lebih rendah. Hal yang perlu diketahui adalah efek yang ditimbulkan oleh perlakuan penyimpanan dingin setelah *pre cooling* khususnya pada buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.).

Allah memerintahkan manusia untuk memperhatikan makanannya, serta berbagai jenis tumbuhan yang telah disiapkan Allah untuk kepentingan manusia antara lain buah-buahan, sayur-sayuran, biji-bijian, dan berbagai jenis yang ada di laut (Syihab, 1996).

فَلْيَنْظُرِ الْإِنْسَانُ إِلَى طَعَامِهِ ۚ ﴿٢٤﴾ أَنَا صَبَبْنَا الْمَاءَ صَبًّا ﴿٢٥﴾ ثُمَّ شَقَقْنَا الْأَرْضَ  
شَقًّا ﴿٢٦﴾ فَأَنْبَتْنَا فِيهَا حَبًّا ﴿٢٧﴾ وَعِنَبًا وَقَضْبًا ﴿٢٨﴾ وَزَيْتُونًا وَنَخْلًا ﴿٢٩﴾ وَحَدَائِقَ غُلْبًا  
﴿٣٠﴾ وَفَيْكَةً وَأَبًّا ﴿٣١﴾ مَتَّعًا لَكُمْ وَلَا تَعْمَلُوا مِثْلَهُمْ

Artinya” Maka hendaklah manusia itu memperhatikan makanannya. Sesungguhnya kami benar-benar Telah mencurahkan air (dari langit), Kemudian kami belah bumi dengan sebaik-baiknya, Lalu kami tumbuhkan biji-bijian di bumi itu, Anggur dan sayur-sayuran, Zaitun dan kurma, Kebun-kebun (yang) lebat, Dan buah-buahan serta rumput-rumputan, Untuk kesenanganmu dan untuk binatang-binatang ternakmu (’Abasa: 24-32.)

Salah satu jenis buah-buahan yang diciptakan Allah dengan banyak manfaat antara lain, jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.) karena memiliki keunggulan dibandingkan buah-buahan lain seperti salak, karena jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.) mempunyai kandungan vitamin C yang tinggi, daging buah padat, berserat, berair banyak, dan rasanya segar. (Ipteknet, 2005).

Berkaitan dengan keunggulan jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.), maka penanganan pasca panen antara lain dalam bentuk *pre cooling* penting untuk dilakukan. Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka penulis mengambil penelitian yang berjudul Pengaruh Perlakuan *Pre Cooling* metode *contact icing* dan Suhu Penyimpanan terhadap Kualitas Pasca Panen Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka di susun rumusan masalah sebagai berikut :

Apakah perlakuan *pre cooling* metode *contact icing* dan suhu penyimpanan berpengaruh terhadap laju respirasi, susut berat, warna, tekstur, dan aroma buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.) ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan *pre cooling* metode *contact icing* dan suhu penyimpanan terhadap laju respirasi, susut berat, warna, tekstur, dan aroma buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.).

## 1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah penggunaan metode “*Pre cooling contact icing*” dan suhu penyimpanan yang berbeda berpengaruh terhadap kualitas pasca panen buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.) yang meliputi laju respirasi, susut berat, warna, tekstur, dan aroma.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada para produsen maupun distributor buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.) mengenai metode “*Pre Cooling contact icing*” yang berguna untuk menghambat laju respirasi pada buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L), untuk mendapatkan

kombinasi perlakuan saat panen dan suhu penyimpanan yang tepat terhadap kualitas pasca panen buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.).

### 1.6 Batasan Masalah

Agar penelitian ini memiliki arah yang jelas, maka perlu diberikan batasan masalah :

1. Variabel-variabel yang di ukur dalam penelitian ini meliputi variabel bebas, dan variabel terikat, sebagai berikut :
  - a. Variabel bebas, adalah : metode *pre cooling* yang meliputi level 10°C, dan 15° C, dan tanpa *pre cooling* (kontrol), serta suhu penyimpanan yang meliputi : penyimpanan pada suhu kamar dengan suhu 25 – 27° C dan penyimpanan pada lemari pendingin dengan suhu 10° C.
  - b. Variabel terikat adalah kualitas pasca panen buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.) yang meliputi parameter laju respirasi, susut berat, warna, tekstur dan aroma.
2. Dalam penelitian ini metode *pre cooling* yang digunakan adalah *contact icing*, yaitu metode dimana komoditi yang akan di *pre cooling* langsung dimasukkan ke dalam *Box Storage* yang telah berisikan es
2. Subyek penelitian adalah buah jeruk varietas keprok (*Citrus nobilis* L.) yang diperoleh dari Desa Petung sewu, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang, dengan umur panen 4 bulan.

### 1.7 Definisi Operasional

Metode *pre cooling* merupakan salah satu upaya untuk menghilangkan panas lapang. Metode *pre cooling* yang digunakan adalah *contact icing*, yaitu metode dimana komoditi yang akan di *pre cooling* langsung dimasukkan ke dalam *box storage* yang telah berisikan es. Metode ini digunakan karena merupakan metode yang paling mudah dan cepat dilakukan di lapang.



## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Umum Tentang Buah Jeruk (*Citrus nobilis* L.)

Buah menurut definisi botani adalah jaringan sel yang tumbuh dari jaringan perkembangan bunga menjadi biji yang masak bersama-sama jaringan pembungkusnya. Kebanyakan orang menyebut buah merupakan hasil tanaman yang dimakan dalam keadaan segar, berdaging, berbiji, mempunyai aroma khas, rasanya manis ataupun sedikit masam (Susanto, 1994).

Makanan yang sehat adalah makanan yang memiliki zat gizi yang cukup dan seimbang. Dalam Al-Qur'an disebutkan dalam surat Al-Mu'minun ayat 23, tentang buah-buahan. Penyebutan aneka jenis buah ini, menuntut kearifan dalam memilih dan mengatur keseimbangannya (Syihab, 1996).

فَأَنْشَأْنَا لَكُمْ بِهِ جَنَّتٍ مِّنْ حَيْثُ لَمْ يَكُنْ فِيهَا فَوَاكِهُ كَثِيرَةٌ وَمِنْهَا تَأْكُلُونَ ﴿١٩﴾

*Artinya” Lalu dengan air itu, kami tumbuhkan untuk kamu kebun-kebun kurma dan anggur; di dalam kebun-kebun itu kamu peroleh buah-buahan yang banyak dan sebagian dari buah-buahan itu kamu makan.*

Jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.) adalah buah subtropik yang telah berkembang luas di Indonesia dan menjadi komoditas unggulan nasional dalam program pengembangan usaha agribisnis buah (Winarno, 2003). Sebagai komoditas buah unggulan, jeruk merupakan unggulan pertama dari 5 komoditas buah lainnya berturut-turut : mangga, manggis, durian dan pisang (Anonymous, 2008).

Dalam Heyne (1987), tanaman jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.) mempunyai sistematika sebagai berikut :

Divisi : Magnoliophyta  
Sub divisi : Magnoliophytina  
Kelas : Magnoliopsida  
Bangsa : Geraniales  
Suku : Rutaceae  
Marga : Citrus  
Jenis : *Citrus nobilis* L.

### **2.1.1 Morfologi Tanaman Buah Jeruk**

Secara morfologi, bagian atau organ-organ penting buah jeruk adalah sebagai berikut :

#### **1. Akar**

Tanaman jeruk mempunyai akar tunggang panjang dan akar serabut (bercabang pendek kecil) serta akar-akar rambut. Bila akar tunggang mencapai tanah yang keras atau terendam air, maka pertumbuhannya akan terhenti. Tetapi bila tanahnya gembur, panjang akar tunggang bisa mencapai 4 meter. Akar cabang yang mendatar bisa mencapai 6 - 7 meter. Perakaran jeruk tergantung pada banyaknya unsur hara di dalam tanah dan umumnya kedalaman 0,15 – 0,50 meter (Soelarso, 1996).

#### **2. Daun**

Daun jeruk berwarna hijau tua dan tidak meranggas. Posisi daun berhadapan atau berseling, tangkai daun bersayap atau tidak bersayap dan permukaan daun berkelenjar minyak dan transparan (Soelarso, 1996).

### 3. Bunga

Buah jeruk berbentuk majemuk seperti anak payung, tandan malai kebanyakan berkelamin 2; kelopak bunga berjumlah 4 – 5, ada yang menyatu ada yang tidak. Mahkota bunga kebanyakan berjumlah 4 - 5 dan berdaun lepas. Tonjolan dasar bunga beringgit atau berlekuk di dalam benangsari. Pada umumnya bunga jeruk bewarna putih, kecuali jeruk nipis dan jeruk purut bunganya bewarna ungu sampai agak merah. Bunga jeruk keluar dari ketiak daun atau pucuk ranting yang masih muda, berbau harum dan banyak mengandung nectar atau madu (Soelarso, 1996).

### 4. Buah

Bakal buah menumpang, bentuknya bulat dan bulat-pendek atau elips. Buah jeruk yang tergolong buah sejati, tunggal dan berdaging. Oleh karena itu, buah yang masak tidak pecah. Satu bunga menjadi satu bakal buah saja, dinding buah tebal dengan lapisan luar yang kaku, bau menyengat dan banyak mengandung minyak atsiri. Lapisan ini disebut *flavedo*, dimana mulanya bewarna hijau dan bila masak bewarna kuning atau jingga. Lapisan tengah seperti spon yang terdiri atas jaringan bunga karang bewarna putih disebut *albedo*, sedangkan lapisan dalam bersekat membentuk ruang (Soelarso, 1996). Morfologi buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.) dapat dilihat pada gambar 2.1.1.



**Gambar 2.1.1 Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.)**  
(Sumber : Ipteknet, 2008)

## **5. Pohon**

Pohon jeruk yang sekarang ditanam di Indonesia batangnya berbentuk bulat dan tingginya dapat mencapai 5 – 15 meter. Jeruk keprok berbatang rendah, tingginya 2–8 meter, tajuk pohon tidak beraturan, dahan kecil, cabangnya banyak, tajuknya rindang dan letak dahan berpencair. Lingkar batang 12 – 36 cm (Soelarso, 1996).

## **2.2 Ekologi Buah Jeruk**

### **1. Iklim**

Curah hujan optimum untuk pertumbuhan tanaman jeruk adalah 1.500 mm per tahun dengan bulan kering selama 3 – 4 bulan diperlukan untuk merangsang pembentukan bunga. Perkembangan bunga dan buah diperlukan hujan selama 6–8 bulan supaya keadaan tanahnya lembab, sedangkan kebutuhan penyinaran matahari berkisar antara 50% -70%. Keadaan udara yang lembab menimbulkan banyak cendawan, sebaliknya, keadaan udara yang kering banyak serangan hama (Soelarso, 1996).

Suhu optimal untuk pertumbuhan tanaman jeruk antara 25° – 30° C. Aktivitas pertumbuhan jeruk sangat terganggu bila suhu kurang dari 13° C tetapi masih dapat bertahan pada suhu 38° C . Angin dengan kecepatan 40 – 48 km/jam menyebabkan buah jeruk akan tergoncang bahkan dapat rontok (Soelarso, 1996).

## **2. Tinggi Tempat**

Tanaman jeruk dapat tumbuh pada berbagai ketinggian, mulai dari dataran rendah sampai dataran tinggi, tergantung pada varietasnya. Ketinggian tempat yang sesuai untuk tanaman ini yaitu dataran rendah sampai ketinggian 700 m di atas permukaan laut. Sedangkan yang ditanam di atas ketinggian tersebut rasa buahnya cenderung lebih asam.

## **3. Tanah**

Tipe tanah yang cocok untuk tanaman jeruk adalah lempung sampai lempung berpasir dengan fraksi liat 7% - 27 %, debu 25% - 50% dan fraksi pasir kurang dari 50%, cukup humus mudah meresapkan air dan pH 4 – 7,8. Hasil yang baik di dapatkan pada tanah dengan pH 6 (Soelarso, 1996).

### **2.3 Pengaruh Suhu Terhadap Kualitas Pasca Panen**

Proses pemasakan abnormal dan selama proses menjadi tua suatu buah, banyak terjadi reaksi biokimia bersamaan dengan respirasi secara simultan, misalnya pelunakan dinding sel, perkembangan aroma, dan sebagainya. Beberapa dari reaksi ini esensial, yang lain insidental dan merupakan hasil samping reaksi-reaksi pokok. Semua mempunyai koefisien suhu agak berbeda. Apabila pemasakan buah terjadi pada lingkungan alami, fluktuasi suhu yang terjadi tidak

akan menyebabkan tekanan fisiologis meskipun metabolisme akan berubah dan buah akan nampak masak dan menjadi secara normal (Susanto, 1994).

Terdapat faktor-faktor lain yang juga menentukan besar kecilnya kerusakan oleh suhu rendah. Faktor-faktor yang paling tampak pengaruhnya ialah waktu penyimpanan pada suhu rendah. Apabila suhu yang rendah berlangsung sebentar, akan diikuti oleh pemulihan kembali. Diperlukan suatu waktu minimum berlangsungnya suhu rendah kontinyu yang dapat menyebabkan kerusakan (Susanto, 1994).

Konsentrasi minimum oksigen, diperlukan untuk mensupport secara normal respirasi selama proses menjadi tua. Di bawah konsentrasi ini akan terjadi respirasi anaerob dan dihasilkan alkohol. Ini dapat menyebabkan hilangnya aroma dan kerusakan apabila keadaan tersebut berlangsung lama (dan apabila alkoholnya mencapai kira-kira 100 mg/g), tetapi jumlah kecil alkohol dapat menghilang karena aerasi dan kemudian metabolisme dapat berlangsung normal kembali (Susanto, 1994).

Jumlah uap air di sekitar buah mempunyai pengaruh besar terhadap kondisi fisiologis buah. Udara yang hampir jenuh menyebabkan kulit buah pecah abnormal, sedangkan penyimpanan dalam udara yang terlalu kering menyebabkan kulit buah berkerut sehingga berbentuk tidak normal. Kembali pada pengurangan kerusakan fisiologis karena keadaan agak kering. (Susanto, 1994).

## 2.4 Pendinginan Pendahuluan (*Pre-cooling*).

Manusia diberi kemampuan untuk mengetahui ciri dan hukum-hukum yang berkaitan dengan alam raya, sebagaimana firman-Nya dalam Al-Quran surat Al-Baqarah ayat 31.

وَعَلَّمَ آدَمَ الْأَسْمَاءَ كُلَّهَا ثُمَّ عَرَضَهُمْ عَلَى الْمَلَائِكَةِ فَقَالَ أَنْبِئُونِي بِأَسْمَاءِ هَٰؤُلَاءِ إِنْ كُنْتُمْ صَادِقِينَ ﴿٣١﴾

Artinya” Dan dia mengajarkan kepada Adam nama-nama (benda-benda) seluruhnya, Kemudian mengemukakannya kepada para malaikat lalu berfirman: "Sebutkanlah kepada-Ku nama benda-benda itu jika kamu memang benar orang-orang yang benar!"

Maksud nama-nama pada ayat tersebut adalah sifat, ciri, dan hukum sesuatu. Ini berarti manusia berpotensi mengetahui rahasia alam raya. Adanya potensi itu, dan tersedianya lahan yang diciptakan Allah, serta ketidakmampuan alam raya membangkang terhadap perintah dan hukum-hukum Tuhan, menjadikan ilmuwan dapat memperoleh kepastian mengenai hukum-hukum alam. Karenanya, semua itu mengantarkan manusia berpotensi untuk memanfaatkan alam yang telah ditundukkan Tuhan. Keberhasilan memanfaatkan alam itu merupakan buah teknologi (Syihab, 1996).

Al-Quran memuji sekelompok manusia yang dinamainya ulul albab. Ciri mereka antara lain disebutkan dalam surat Ali-Imran ayat 190-191.

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿١٩٠﴾ الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ

وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا

سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

*Artinya” Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan Ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, Maka peliharalah kami dari siksa neraka.*

Maksudnya adalah bahwa ayat-ayat tersebut merupakan metode yang sempurna bagi penalaran dan pengamatan islam terhadap alam. Ayat-ayat itu mengarahkan akal manusia kepada fungsi pertama di antara sekian banyak fungsinya, yakni mempelajari ayat-ayat Tuhan yang tersaji di alam raya ini. Ayat-ayat tersebut bermula dengan tafakur dan berakhir dengan amal (Syihab, 1996).

Lebih jauh dapat ditambahkan bahwa "*Khalq As-samawat wal Ardh*" di samping berarti membuka tabir sejarah penciptaan langit dan bumi, juga bermakna "memikirkan tentang sistem tata kerja alam semesta". Karena kata *khalq* selain berarti "penciptaan", juga berarti "pengaturan dan pengukuran yang cermat". Pengetahuan tentang hal terakhir ini mengantarkan ilmuwan kepada rahasia-rahasia alam, dan pada gilirannya mengantarkan kepada penciptaan teknologi yang menghasilkan kemudahan dan manfaat bagi umat manusia (Syihab, 1996).

Pada saat mengisyaratkan pergeseran gunung-gunung dari posisinya, sebagaimana kemudian dibuktikan para ilmuwan, informasi itu dikaitkan dengan Kemaha hebatan Allah SWT sebagaimana firmanya dalam surat Al-Naml ayat 88:

وَتَرَى الْجِبَالَ تَحْسِبُهَا جَامِدَةً وَهِيَ تَمُرُّ مَرَّ السَّحَابِ صُنِعَ اللَّهُ الَّذِي أَتَقَنَ كُلَّ

شَيْءٍ إِنَّهُ خَيْرٌ بِمَا تَفْعَلُونَ ﴿٨٨﴾

Artinya” Dan kamu lihat gunung-gunung itu, kamu sangka dia tetap di tempatnya, padahal ia berjalan sebagai jalannya awan. (Begitulah) perbuatan Allah yang membuat dengan kokoh tiap-tiap sesuatu; Sesungguhnya Allah Maha mengetahui apa yang kamu kerjakan.

Penjelasan dari ayat ini bahwa sains dan hasil-hasilnya harus selalu mengingatkan manusia terhadap Kehadiran dan Kemahakuasaan Allah SWT, selain juga harus memberi manfaat bagi kemanusiaan, sesuai dengan prinsip *Bismi Rabbik*. Kedua, Al-Qu’ran sejak dini memperkenalkan istilah *sakhhkhara* yang maknanya bermuara kepada "kemampuan meraih dengan mudah dan sebanyak yang dibutuhkan segala sesuatu yang dapat dimanfaatkan dari alam raya melalui keahlian di bidang teknik" (Syihab, 1996).

Al-Quran memilih kata *sakhhkhara* yang arti harfiahnya menundukkan atau merendahkan, maksudnya adalah agar alam raya dengan segala manfaat yang dapat diraih darinya harus tunduk dan dianggap sebagai sesuatu yang posisinya berada di bawah manusia. Bukankah manusia diciptakan oleh Allah sebagai khalifah, tidaklah wajar seorang khalifah tunduk dan merendahkan diri kepada sesuatu yang telah ditundukkan Allah kepadanya. Jika khalifah tunduk atau ditundukkan oleh alam. Maka ketundukan itu tidak sejalan dengan maksud Allah SWT. Telah dikemukakan bahwa penundukan Allah terhadap alam raya bersama potensi yang dimiliki manusia bila digunakan secara baik akan membuahkan teknologi (Syihab, 1996).

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿٧﴾

Artinya” Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik (Asy-Syu’ara: 7).

قُلْ أَنْظَرُوا مَاذَا فِي السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَمَا تُغْنِي الْآيَاتُ وَالنُّذُرُ عَنْ قَوْمٍ لَا يُؤْمِنُونَ ﴿١٠١﴾

Artinya” Katakanlah: "Perhatikanlah apa yang ada di langit dan di bumi. tidaklah bermanfaat tanda kekuasaan Allah dan rasul-rasul yang memberi peringatan bagi orang-orang yang tidak beriman"(Yunus: 101).

Ayat-ayat di atas adalah sebuah *support* yang Allah berikan kepada hambanya untuk terus menggali dan memperhatikan apa-apa yang ada di alam semesta ini dan memerintahkan manusia untuk berfikir tentang alam raya. *Trial and error* (coba-coba), pengamatan, percobaan dan tes-tes kemungkinan (*probability*) merupakan cara-cara yang digunakan oleh ilmuan untuk meraih pengetahuan (Syihab, 1996). Seperti halnya dengan adanya penelitian *pre cooling* terhadap buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.) yang bertujuan untuk memperlambat laju respirasi, memperkecil kerentanan terhadap serangan mikroorganisme, dan mengurangi kehilangan air.

Suhu tinggi merusak mutu simpan buah-buahan dan sayur-sayuran. Namun suhu tinggi hasil panen tidak dapat dihindarkan, terutama bila pemanenan dilakukan pada hari-hari panas. Pendinginan pendahuluan merupakan upaya untuk menghilangkan panas lapang ini. Tujuan umumnya adalah untuk memperlambat laju respirasi, memperkecil kerentanan terhadap serangan mikroorganisme, mengurangi kehilangan air, dan meringankan beban sistem pendinginan pada kendaraan pengangkutan atau palka kapal pengangkut (Pantastico, 1973).

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 (Anggrahini dan Hadiwiyoto, 1988 dalam Winata, 2006).

Cara pengawetan dengan pendinginan dapat dibedakan menjadi 2 yaitu pembekuan (*freezing*) dan pendinginan (*cooling*). Pada proses pembekuan suhu diturunkan sampai dibawah  $0^{\circ}$  C sehingga bahan yang diawetkan akan membeku sedangkan pada pendinginan suhu hanya mencapai  $0 - 10^{\circ}$  C. Pada suhu pendinginan ini, kegiatan mikroba dihambat. proses pendinginan ini bukan merupakan proses pemusnahan mikrobia dan apabila komoditi bahan pangan tadi dikeluarkan dari lemari pendingin, mikrobia akan cepat tumbuh dan menyebabkan kerusakan (Susanto, 2004).

Menurut Wilkinson (1970) dalam Harris (1989) menegaskan bahwa fase pertumbuhan buah saat dipetik mempengaruhi kerusakan buah selama penyimpanan. Apabila buah dipetik terlalu muda, maka pengembangan cita rasa, zat gizi, dan sebagainya akan terganggu. Sebaliknya, apabila buah dipetik dalam keadaan lewat matang, nilai sebagai bahan pangan juga akan cepat hilang.

Menurut Kader (1992) suhu yang tinggi menyebabkan :

1. Meningkatnya aktivitas metabolisme sehingga produk menjadi cepat rusak.
2. Meningkatnya kehilangan air sehingga produk menjadi kering dan berkerut.
3. Meningkatnya pertumbuhan organisme penyebab pembusukan.

Hasil dari pendinginan cepat seperti udara dingin, ruang yang mendingin (penyejukan udara yang dipaksa) air dingin (*hydrocooling*), kontak langsung dengan es (*Contact icing*), dan evaporation waterfrom hasil (evaporativ yang mendingin, ruang hampa (mendingin). buah secara normal didinginkan dengan udara dingin. walaupun buah-buahan batu bermanfaat untuk *hydrocooling*. masing-masing dari metode pendingin boleh digunakn untuk sayuran, tergantung penggunaan dan kebutuhan pasar dengan sayur tersebut (Kensington, 1981).

Faktor-faktor pendinginan cepat ada lima yaitu :

1. Tingkat pemindahan kalor dari hasil pendingin yang medium tergantung pada bentuk dan ukuran.
2. perbedaan didalam temperatur antara hasil dan mendingin medium.
3. Menggunakan pendingin medium kepada komoditas
4. *Velocity* mendingin medium
5. Pendingin alami medium setara pendingin adalah sering dinyatakan ketika yang manapun mendingin koefisien atau separuh *cooling* waktu yang mana waktunya diperlukan untuk mengurangi perbedaan temperatur itu antara hasil dan pendingin medium oleh satu separuh waktu (Kensington, 1981).

Berdasarkan observasi ini, maka *pre cooling* terhadap buah dan sayuran harus segera dimulai dalam waktu 2 jam setelah pemanenan. Pendinginan pendahuluan “*Pre Cooling*” merupakan salah satu upaya untuk menghilangkan panas lapang ini. Berbagai cara pendinginan pendahuluan dapat digunakan yaitu dengan : pendinginan dengan udara, pendinginan dengan air (*hydrocooling*), pendinginan dengan hampa udara, waktu separoh pendinginan (*Half Cooling Time*). Tujuan dari pendinginan pendahuluan ini adalah untuk memperlambat

respirasi, memperkecil kerentanan terhadap serangan mikroorganisme, mengurangi kehilangan air, dan meringankan beban sistem pendinginan pada kendaraan pengangkutan (Pantastico, 1973).

Keberhasilan *pre cooling* masih tergantung dari waktu antara pemanenan dan *pre cooling*, suhu awal produk, suhu akhir produk, sanitasi dari media pendingin untuk mengurangi organisme pembusuk, pemeliharaan suhu yang direkomendasikan setelah *pre cooling* (Hardenburg, 1986).

*Pre cooling* dilaksanakan secepat mungkin setelah pemanenan. Pemanenan sebaiknya dilaksanakan pada pagi hari untuk meminimalisasi panas lapang dan beban pendinginan. Produk yang dipanen harus dilindungi dari sinar matahari hingga produk ditempatkan pada fasilitas *pre cooling* (Harderburg, 1986).

Laju pendinginan di pengaruhi oleh perbandingan permukaan dengan isi hasil, volume zat pendingin, kecepatan dan suhu medium pendingin serta mudah tidaknya zat pendingin mencapai hasil yang harus diinginkan. Pendinginan pendahuluan *pre cooling* termasuk salah satu prosedur pendinginan yang cepat terhadap hasil panen tersebut, dimana dengan tingkat metabolisme rata-rata yang rendah akan dapat menghambat kematangan, menunda berkembangnya pembusukan, dan mengurangi kelayuan (Hardenburg, 1986).

Menurut Sargent dalam Vidy (2005), metode *pre cooling* yang biasa digunakan yaitu metode *room cooling*, metode ini paling sederhana namun lambat, dimana komoditas yang dikemas ditempatkan pada ruang pendinginan untuk beberapa hari. Udara disirkulasikan oleh kipas angin dari koil evaporator

dalam ruangan. Kontainer dilubangi dan tumpukan komoditas diatur seperlunya untuk meminimumkan halangan aliran udara dan memaksimalkan pindah panas.

Metode yang lain yaitu metode *force air/pressure cooling* dimana udara diruang pendingin dialirkan pada laju aliran yang tinggi oleh sebuah kipas angin. Pendinginan pendahuluan ini memaksa udara melewati rongga-rongga kosong diantara buah-buah. Kehilangan berat rata-rata kurang dari 1 %. Pendinginan pendahuluan ini dapat berlangsung dari 1 sampai 1,5 jam. (Pantastico, 1973).

Selain dua metode diatas ada juga metode yang lain seperti metode *hydrocooling* (pendinginan dengan air) pendinginan dengan air cepat menyerap panas lapangan hasil panen. Cara ini digunakan dengan hasil yang menguntungkan pada sayur-sayuran daun untuk mempertahankan tekstur dan kesegarannya. Buah yang di dinginkan dengan air ternyata lebih rentan terhadap kebusukan setelah dihangatkan. Kadang-kadang dapat terjadi kerusakan pendinginan (*Chilling injury*) (Pantastico, 1973).

Metode *pre cooling contact icing* adalah, yaitu metode dimana komoditi yang akan di *pre cooling* langsung dimasukkan ke dalam box storage yang telah berisikan es. Metode ini digunakan karena merupakan metode yang paling mudah dan cepat dilakukan dilapang. Metode *contact icing* memberikan pendinginan yang efektif dan menjaga RH tetap tinggi pada produk (Hardenburg, 1986).

Sedangkan pada metode *vacuum cooling* tekanan atmosfer dikurangi, kemudian titik didih dari air berkurang dan tekanan didalam kamar berkurang sehingga air pada permukaan produk menguap dan akan mengakibatkan adanya perpindahan panas, hasil dari uap yang terkondensasi pada koil evaporator dalam pipa vakum akan menambah efisiensi pendinginan (Pantastico, 1973).

## 2.5 Penyimpanan Dingin

Menurut Adnan (1988), refrigerasi atau pendingin adalah proses pelepasan panas dari suatu benda sehingga suhunya akan menjadi lebih rendah dari sekelilingnya. Bila medium pendingin mengadakan kontak dengan benda lain misalnya bahan makanan, maka akan terjadi pemindahan panas (energi) dari bahan makanan tersebut ke medium pendingin tadi sampai keduanya akan mempunyai suhu yang sama atau hampir sama.

Buah-buahan dan sayuran merupakan komoditas yang mudah sekali mengalami kerusakan setelah pemanenan, baik itu kerusakan fisik, mekanis, maupun kerusakan mikrobiologis. Pendinginan adalah penyimpanan bahan pangan di atas suhu pembekuan bahan yaitu antara  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  sampai  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan pembekuan adalah penyimpanan bahan pangan dalam keadaan beku dimana suhunya berkisar antara  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  sampai  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Pendinginan ini merupakan cara yang dapat memperpanjang umur simpan dan menjaga mutu sayuran dan buah serta menghambat respirasi.

Pemanasan dan pendinginan yang tidak diawasi dengan teliti dapat menyebabkan kerusakan bahan pangan. Menurut hasil penelitian setiap kenaikan suhu  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  pada kisaran suhu  $10\text{--}38\text{ }^{\circ}\text{C}$  kecepatan reaksi, baik reaksi enzimatik maupun reaksi non-enzimatik, rata-rata akan bertambah 2 kali lipat. Pemanasan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan protein (denaturasi), emulsi, vitamin dan lemak (Heddy, 1994).

Pembekuan yang dilakukan terhadap buah-buahan dan sayur-sayuran akan menyebabkan bahan menjadi lunak jika bahan tersebut dikeluarkan dari tempat pembekuan. Hal ini disebabkan karena diluar, bahan akan mengalami pencairan

dari airnya yang telah membeku (*thawing*). Sehingga tekstur yang tadinya keras kini menjadi lunak (Heddy, 1994).

Supaya buah atau organ hasil lainnya tetap segar, reaksi-reaksi biokimia yang merugikan yang berlangsung pada organ hasil setelah dipanen harus dihambat. Pendekatan umum yang dapat dilakukan untuk menghambat reaksi biokimia ini adalah dengan menurunkan suhu dan mengurangi ketersediaan O<sub>2</sub> (Lakitan, 1995).

Setelah panen, atau selama penyimpanan, enzim-enzim dalam buah dan sayuran menyebabkan terjadinya proses bahan dalam jaringan dan berangsur-angsur mengakibatkan perubahan warna, tekstur, dan susunan kimiawinya. Perubahan yang terpenting ialah akibat respirasi, dan tujuan penting penyimpanan yang baik ialah memperlambat laju proses respirasi. Laju respirasi meningkat dengan adanya kenaikan suhu (sampai suatu suhu tertentu) dan karena itulah cara pendinginan banyak digunakan untuk menyimpan makanan. (Citrosomo, 1984)

Kondisi penyimpanan pada beberapa buah dan sayuran ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Kondisi penyimpanan beberapa buah dan sayuran

Komoditas	Suhu (°C)	RH (%)	Lama Penyimpanan
Asparagus	0 – 2	95	2 – 3 minggu
Wortel	0	90 – 95	2 – 5 bulan
Mentimun	7 – 10	90 – 95	10 – 14 hari
Cabe	7 – 10	90 – 95	2 – 3 minggu
Melon	0 – 4.4	85 – 90	5 – 14 hari
Jeruk	8 – 10	90 – 95	2 – 3 minggu
Tomat (ranum)	7 – 10	85 – 90	4 – 7 hari
Tomat (hijau)	12 – 20	85 – 90	1 – 3 minggu
Semangka	4,4 – 10	80 - 85	2 – 3 minggu
Kentang	5 – 10	93	2 – 5 bulan

Sumber : Syarief, 1993

## 2.6 Suhu dan Kelembaban

Menurut Ryall (1965) dalam Harris (1989), Susut air atau pelayuan setelah panen dapat menghilangkan zat gizi sehingga buah dan sayuran sulit dipasarkan. Susut air terjadi segera setelah sayuran atau buah dicabut dari tanah atau dipetik. Laju susut air bergantung pada luas permukaan produk maupun keadaan lingkungan. Sayuran daun dalam keadaan lingkungan yang tidak baik akan cepat menjadi layu karena permukaan luas dan sifatnya sangat permeabel.

Sebagian besar sayur dan buah tumbuh di daerah yang jauh dari konsumen dan harus diangkut untuk mencapai konsumen. Kondisi lingkungan produk selama waktu panen sampai ke konsumen sangat menentukan tersedianya vitamin bagi konsumen. Sayuran berdaun hijau yang segar akan cepat layu bila di angkut pada suhu tinggi/atau kelembaban yang rendah. Kondisi yang sama menyebabkan sayuran kehilangan asam askorbat, dan suhu merupakan faktor yang sangat berpengaruh (Harris, 1989).

Menurut Ryall (1965) dalam Harris (1989) Sesudah dipanen, buah dan sayuran segar mudah rusak kenampakannya, cita rasanya, dan nilai gizinya. Pendinginan merupakan cara yang dapat memperpanjang umur simpan dan menjaga mutu sayuran dan buah. Penurunan suhu memperlambat kegiatan respirasi produk mengurangi susut air, memperkecil kemungkinan pembusukan akibat masuknya jasad renik dan memperlambat pertumbuhan jasad tersebut.

Selama dalam ruang pendinginan, pembusukkan masih terus berlangsung sekalipun hanya pelan-pelan, dan itu dapat ditunjukkan ketika temperatur dalam penyimpanan ditemukan ada suatu pembusukkan. Faktor utama dalam pembekuan yang cepat adalah besar kecilnya kristal es yang ada dalam proses pendinginan.

Oleh karena itu, pengendalian temperatur selama dalam penyimpanan dan distribusi adalah sama pentingnya bagi mutu makanan (Arthey, 2001).

## **2.7 Respirasi dan Transpirasi**

Respirasi atau pernafasan adalah suatu proses pertukaran gas yang melibatkan proses metabolisme perombakan senyawa makromolekul (karbohidrat, protein, lemak) menjadi CO<sub>2</sub>, air dan sejumlah energi. Dikenal adanya proses klimakterik yang berkaitan dengan pematangan buah, sehingga dibedakan buah-buahan klimakterik dan buah-buahan non-klimakterik. Beberapa faktor yang mempengaruhi respirasi dikelompokkan ke dalam faktor-faktor internal dan faktor-faktor eksternal, yang mempengaruhi pematangan buah-buahan dan sayuran adalah kelayuan (Widianarko, 2004).

Kelayuan merupakan proses normal pada tumbuhan yang terjadi karena mobilisasi zat-zat makanan untuk pertumbuhan biji atau buah. Beberapa hormon pada tumbuhan dapat menghambat atau mempercepat proses kelayuan. Di samping respirasi dan kelayuan, etilen merupakan hormon tumbuhan, yang dipengaruhi oleh hormon lainnya dan cahaya. Selain pada pematangan, etilen juga berpengaruh pada percabangan, kelayuan daun, perakaran, perbungaan, dan pertunasan. Aktivitas etilen dipengaruhi oleh suhu, hormon auksin, metalo-enzim, O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> (Anonymous, 2008).

Proses respirasi yang menyebabkan pembusukkan ini terjadi karena adanya perubahan-perubahan kimia dalam buah, seperti perubahan pro-vitamin A menjadi vitamin A, pro-vitamin C, dan karbohidrat menjadi gula yang

menghasilkan  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , dan ethylen. Akumulasi produk-produk respirasi inilah yang menyebabkan pembusukkan (Widianarko, 2004).

Respirasi tidak dapat dihentikan, tetapi dapat dihambat, yaitu dengan penyimpanan pada suhu dan kelembaban yang rendah. Penyimpanan suhu rendah dapat dilakukan secara sederhana dalam lemari es, namun di tempat ini kelembabanya tinggi mengingat barang-barang yang mudah menguap juga tersimpan disini sehingga proses respirasi tidak dapat dihambat dengan baik (Widianarko, 2004).

Sebagian besar perubahan-perubahan fisikokimiawi yang terjadi dalam buah yang sudah dipanen berhubungan dengan metabolisme oksidatif, termasuk di dalamnya respirasi. Laju respirasi merupakan petunjuk yang baik untuk daya simpan buah sesudah dipanen. Intensitas respirasi dianggap sebagai ukuran laju jalannya metabolisme dan oleh karena itu sering dianggap sebagai petunjuk laju respirasi yang tinggi biasanya disertai dengan umur simpan yang pendek. Hal ini juga merupakan laju kemunduran mutu dan nilainya sebagai bahan makanan. Besar kecilnya respirasi dapat dilihat dengan menentukan jumlah substrat yang hilang,  $\text{O}_2$  yang diserap dan  $\text{CO}_2$  yang dikeluarkan, panas yang dihasilkan dan energi yang timbul (Pantastico, 1973).

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).

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).

Transpirasi adalah suatu proses kehilangan air yang terjadi pada suatu komoditi karena adanya perbedaan tekanan uap air antara bahan dengan lingkungan tempat komoditi disimpan. Transpirasi yang terlalu berlebihan akan menyebabkan kenampakan buah kurang menarik, susut berat, keriput, dan kehilangan kesegaran yang tentunya akan mengakibatkan penurunan mutu dari komoditi tersebut (Pantastico, 1975).

Faktor lingkungan terpenting yang mempengaruhi laju transpirasi ialah suhu dan kelembaban udara, cahaya, angin, serta kandungan air tanah. Gerakan uap air dari udara ke dalam daun akan menurunkan laju neto dari air yang hilang. Dengan demikian, seandainya faktor lain itu sama, transpirasi akan menurun dengan meningkatnya kelembaban udara. Suhu mempengaruhi laju transpirasi karena suhu mempunyai efek terhadap tekanan uap di luar dan di dalam daun (Citrosomo, 1984).

Kehilangan berat yang diakibatkan oleh proses respirasi lebih besar daripada akibat proses transpirasi. Respirasi mengikuti hukum Van Hoff yang menyatakan bahwa laju reaksi kimia dan biokimia akan meningkat 2-3 kali lipat untuk setiap kenaikan suhu sebesar 10 °C (Muchtadi, 1992).

### **2.7.1 Pengukuran Respirasi**

Besar kecilnya respirasi dapat diukur dengan menentukan jumlah substrat yang hilang, O<sub>2</sub> yang diserap, CO<sub>2</sub> yang dikeluarkan, panas yang dihasilkan, 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 itu “seperti setetes dalam air satu ember”. Energi yang dikeluarkan juga tidak ditentukan, oleh karena berbagai bentuk energi yang dihasilkan tidak dapat diukur dengan hanya satu alat saja (Pantastico, 1973).

Oksidasi biologi diikuti dengan kenaikan suhu, yang mungkin dapat digunakan sebagai petunjuk laju respirasi, tetapi antara keduanya tidak ada hubungan stokiometrik. Pengukuran kehilangan substrat, seperti ditunjukkan dengan adanya perubahan berat kering, mungkin sukar untuk diukur sebagai

akibat adanya variasi dalam perubahan berat kering secara absolut; untuk itu diperlukan analisis kimia secara langsung (Pantastico, 1973).

## **2.7.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Respirasi**

### **A. Faktor-Faktor Internal**

1. Tingkat perkembangan, variasi dalam laju respirasi terjadi selama terjadi selama perkembangan organ. Tentu saja dengan makin besarnya buah jumlah CO<sub>2</sub> 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 dikatakan konstan, demikian pula sesudah pemanenan.
2. Susunan kimiawi jaringan
3. Ukuran produk
4. Pelapis alami, produk-produk yang mempunyai lapisan kulit yang baik dapat diharapkan hanya menunjukkan laju respirasi rendah.
5. Jenis jaringan

### **B. Faktor-faktor luar**

1. Suhu, antara 32° dan 95° F laju respirasi buah-buahan sayur-sayuran meningkat dengan 2 sampai 2,5 untuk tiap kenaikan suhu 18° F, yang memberi petunjuk bahwa baik proses biologi maupun proses kimiawi dipengaruhi oleh suhu.
2. Etilen, pemberian etilen berpengaruh nyata terhadap waktu yang diperlukan untuk mencapai puncak klimakterik.
3. Oksigen yang tersedia.

4. Karbon Dioksida.
5. Zat-zat pengatur pertumbuhan.
6. Kerusakan buah (Pantastico, 1973).

## **2.8 Perubahan Yang Terjadi Selama Pemasakan Buah**

Fase pengembangan dimulai dengan pembentukan sayuran dan buah yang dapat dimakan, termasuk pengaturan bentuk buah, awal pembentukan biji, pengembangan akar, umbi atau pemanjangan tangkai. Fase ini berakhir dengan berhentinya pengembangan volume yang alami, atau dengan berubahnya pola pertumbuhan bagian yang dapat dimakan. Fase pengembangan terjadi sebelum panen dan termasuk pemasakan awal dan sebagian fase pemasakan (Harris, 1989).

Fase pemasakan awal dimulai dengan pengembangan tahap akhir sampai dengan saat dimakan. Perusakan erat berhubungan dengan masa hidup (*life span*) buah atau sayuran segar, dan ini harus dapat dibedakan dengan fase senescensi. Istilah *senescensi* ini hanya dipakai apabila sayuran atau buah mengalami perubahan fisiologis normal seperti perubahan cita rasa, susunan, tekstur, warna, atau ciri khusus pertumbuhan. Sebaliknya, perusakan meliputi semua segi penurunan mutu : senescensi, penyimpanan fisiologis, penyakit yang disebabkan oleh jamur, bakteri, atau virus, pembekuan, pelayuan, atau akibat benturan mekanis (Harris, 1989).

Selanjutnya, perusakan dapat dimulai setiap waktu selama pertumbuhan sampai akhir buah/sayur tersebut dapat dimakan. Fase pematangan buah dapat didefinisikan sebagai proses perubahan warna, cita rasa, dan tekstur yang

mengakibatkan buah tersebut dalam keadaan paling enak untuk dimakan. Ini tidak berarti bahwa fase tersebut merupakan tahap fisiologis yang pasti, tetapi dapat beragam, bergantung pada macam buahnya (Harris, 1989).

## **2.9 Peranan Enzim**

Sel-sel hidup merupakan pabrik-pabrik kimia bergantung energi yang harus mengikuti hukum-hukum kimia. Reaksi-reaksi kimia yang berlangsung dalam sel hidup dari keseluruhan disebut metabolisme. Ribuan reaksi berlangsung dalam tiap sel, sehingga metabolisme merupakan proses yang mengesankan. Berbagai senyawa dapat disintesis oleh sel-sel hidup. Ratusan senyawa harus dibentuk untuk menghasilkan organel-organel dan struktur lain yang terdapat dalam sel. Tumbuhan juga menghasilkan sejumlah senyawa-senyawa kompleks yang disebut metabolit sekunder, yang mungkin berperan melindungi tumbuhan terhadap insekta (Sasmithamihardja, 1990).

Beberapa reaksi membentuk molekul-molekul besar misalnya pati, selulosa, lemak, protein, dan asam nukleat. Pembentukan molekul-molekul besar dari molekul-molekul kecil disebut anabolisme. Anabolisme memerlukan masukan energi. Katabolisme adalah penguraian molekul-molekul besar menjadi molekul-molekul kecil, dan prosesnya melepaskan energi. Respirasi merupakan proses katabolisme utama dalam semua sel yang melepaskan energi, yang melibatkan penguraian secara oksidasi gula menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  (Sasmithamihardja, 1990).

**Sifat-sifat Enzim adalah sebagai berikut :**

1. Enzim aktif dalam jumlah yang sangat sedikit. Dalam reaksi biokimia hanya sejumlah kecil enzim diperlukan untuk mengubah sejumlah besar substrat menjadi hasil.
2. Enzim tidak terpengaruh oleh reaksi yang dikatalisnya pada kondisi stabil. Karena sifat protein dari enzim, aktivitasnya dipengaruhi antara lain oleh pH dan suhu.
3. Walaupun enzim mempercepat penyelesaian suatu reaksi, enzim tidak mempengaruhi kesetimbangan reaksi tersebut. Tanpa enzim reaksi dapat balik yang biasa terdapat dalam sistem hidup berlangsung ke arah kesetimbangan pada laju yang sangat lambat.
4. Kerja katalisis enzim spesifik (Sasmithamihardja, 1990).

Tidak dapat disangkal bahwa enzim mempunyai peranan penting terhadap kualitas hasil tanaman. Selain menentukan komposisi dan kepekaan terhadap keadaan ekstrim baik sebelum atau setelah panen, enzim juga bisa menyebabkan perubahan kualitas hasil olah. Suatu indeks kualitas dipengaruhi enzim tertentu, tergantung pada spesies, varietas, tingkat kemasakan dan lain-lain yang berperan dalam reaksi anabolisme maupun katabolisme. Senesensi jaringan tanaman umumnya disebabkan aktivitas enzim tertentu hidrolitik (poligalakturonase, m klorofilase, protease, esterase, karbohidrase, DNA-ase. RNA-ase) dan enzim oksidatif (peroksidase, katalase, asam amino oksidase, liposidase dan fenolase) (Susanto, 1994).

Sudah jelas bahwa dari pengaruh kimiawi dan fisik selama pematangan buah disebabkan oleh enzim. Misalnya melunaknya buah tomat selama

pematangan telah ditunjukkan mempunyai hubungan erat dengan bertambahnya pektines terase dan kegiatan poligalaktorone. Dengan meningkatnya kegiatan oksidasi selama pematangan enzim-enzim oksidatif katalase dan peroksidase bertambah banyak. Enzim-enzim yang bertanggung jawab atas pemecahan gula secara glikolitik, yaitu isomerase glukose fosfat (Pantastico, 1973).

### 2.9.1 Mekanisme Kerja Enzim

Peristiwa yang terjadi jika suatu senyawa A (substrat) secara spontan diubah menjadi senyawa B (hasil), mula-mula tanpa enzim dan kemudian dengan enzim. Dalam sejumlah molekul senyawa A pada suhu tertentu terdapat energi kinetik rata-rata tertentu. Meskipun sebagian besar molekul mempunyai energi kinetik rata-rata, beberapa molekul mempunyai energi kinetik lebih tinggi dan lebih rendah dari pada energi kinetik rata-rata karena molekul-molekul itu bertumbukan. Molekul tersebut dinamakan “kaya energi” dan “miskin energi” karena reaksi perubahan  $A \longrightarrow B$  spontan, energi kinetik rata-rata molekul-molekul A lebih tinggi dari pada energi kinetik rata-rata molekul-molekul B (Sasmithamihardja, 1990).

Tetapi hanya molekul-molekul A yang kaya energi yang mampu bereaksi dan diubah menjadi molekul-molekul B. Karena itu, hanya beberapa molekul pada waktu tertentu, sebagai hasil tumbukan molekul-molekul yang dapat mencapai tingkat energi yang diperlukan untuk dapat bereaksi. Energi di atas rata-rata yang diperlukan A untuk bereaksi dan diubah menjadi disebut energi aktivasi. B juga dapat diubah menjadi A namun energi aktivasi untuk reaksi  $B \longrightarrow A$  lebih tinggi karena lebih rendahnya keadaan energi B dibanding dengan A (Sasmithamihardja, 1990).

Enzim akan menurunkan energi aktivasi suatu reaksi. Jika energi aktivasi untuk reaksi itu rendah, lebih banyak molekul A (substrat) dapat bereaksi tanpa enzim. Enzim meningkatkan kecepatan reaksi keseluruhan tanpa mengubah suhu reaksi (Sasmithamihardja, 1990).

Selama berjalanya reaksi, enzim dan substrat berkombinasi sementara membentuk kompleks enzim-substrat. Kompleks enzim substrat dihipotesiskan pertama kali oleh Fischer yang memperkirakan yang memperkirakan bahwa antara enzim dan substrat terjadi persatuan yang kaku seperti kunci dan anak kunci. Jika kompleks enzim substrat dibentuk kompleks diaktifkan untuk membentuk hasil-hasil reaksi. Setelah terbentuk, hasil-hasil tidak lagi sesuai dengan tempat aktif dan dilepaskan dan tempat aktif siap menerima molekul substrat yang lain (Sasmithamihardja, 1990).

## **2.10 Aroma Dan Warna**

Aroma yang khas timbul di sekitar buah-buah yang sedang masak. Senyawa-senyawa utama yang ditemukan adalah ester-ester alkohol alifatik dan asam-asam lemak berantai pendek. Senyawa apapun dikeluarkan oleh buah, zat-zat itu dihasilkan dalam jumlah yang jelas teramati pada permulaan pematangan buah saja (Pantastico, 1973).

Derajat kemasakan merupakan faktor fisiologi utama yang mempengaruhi produksi zat-zat atsiri, namun komposisi aromanya sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan selama pematangan. Pergantian suhu siang dan malam yang terjadi sehari-hari mempunyai pengaruh besar terhadap volume dan komposisi zat-zat atsiri (Pantastico, 1973).

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 mengalami perubahan selama penyimpanan dan pengolahan. Klorofil A dan B kadarnya mencapai 0,1% berat bahan segar pada daun hijau. Warna kuning, oranye atau merah disebabkan karena pigmen karotenoid (Susanto, 1993).

Anthosianin merupakan pigmen yang larut dalam air dan menyebabkan warna merah, biru, atau ungu pada berbagai buah dan sayur seperti kubis merah. Senyawa flavonoid dan senyawa serupa tidak mempunyai struktur flavonoid lengkap, dapat mempengaruhi tekstur (*lignin* dan *polimer leukaonthosianin*), pencoklatan enzimatis (*catechin* dan *leukoan thosianin*), dan cita rasa (*tanin*) (Susanto, 1993).

Penentuan tingkat kemasakan berdasarkan warna merupakan cara yang mudah dan efektif. Hilangnya sebagian atau seluruh warna hijau sebagai akibat dari degradasi klorofil dari beberapa jenis buah dan dapat dipakai sebagai ukuran buah yang telah masak. Sintesa pigmen dan pemecahan pada buah dan sayuran, sangat dipengaruhi oleh kondisi penyimpanan. Dua hormon tumbuhan berpengaruh terhadap metabolisme pigmen. Hormon etilen dapat memacu mulainya katabolisme klorofil pada hasil tanaman. Sebaliknya, senyawa 2 – (4-klorofenilthio)-trietilamina hidroklorida (CPTA) dapat memacu sintesa karotenoid tertentu pada kebanyakan jaringan tanaman (Susanto, 1994).

### 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 misalnya pisang ambon yang menjadi lunak dan berwarna menyimpang (Heddy, 1994).

Penurunan suhu yang terlalu besar hanya dapat memperpanjang daya simpan dalam beberapa hari saja. Suhu penyimpanan yang rendah sekali jika dilakukan terlalu lama walaupun dapat mencegah proses pemasakan tetapi dapat menimbulkan kerusakan-kerusakan, misalnya pengeriputan kulit, pelunakan jaringan, dan juga perubahan warna (Kumalaningsih 1990, dalam Ouly, 2001).

Buah-buahan dan sayuran tertentu mengalami kerusakan pada suhu rendah (0 – 10 °C). Kerusakan tetap terjadi pada waktu yang pendek jika suhu berada di bawah batas yang berbahaya, sedang jika di atas suhu batas tersebut mungkin akan dapat tahan lama. Sebaiknya dihindari penyimpanan pada suhu beku, karena umur penyimpanan dapat lebih pendek karena adanya pembekuan. Pencairan yang terlalu cepat akan merusak jaringan dan suhu pencairan yang rendah (0 – 0,6 °C) mengakibatkan es terlalu lama tinggal di dalam jaringan. Suhu sekitar 4,5 °C dianggap merupakan suhu yang baik untuk pencairan (Anonymous, 1976).

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Rancangan Penelitian**

Penelitian ini termasuk penelitian eksperimen dengan menggunakan Rancangan Petak Terbagi (*Split-plot design*). Ada dua faktor dalam rancangan ini:

Faktor I adalah Main treatment, dimana perlakuan terdiri dari dua level yaitu :

1. Penyimpanan pada lemari pendingin pada suhu 10°C (T<sub>1</sub>).
2. Penyimpanan pada suhu kamar ( $\pm 25^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}$ ) (T<sub>2</sub>).

Faktor II Sub-treatment adalah suhu penyimpanan terdiri dari tiga level yaitu :

1. Buah jeruk di *pre cooling* pada suhu 10°C (P<sub>1</sub>)
2. Buah jeruk di *pre cooling* pada suhu 15°C (P<sub>2</sub>)
3. Buah jeruk tanpa *pre cooling* (P<sub>3</sub>)

Perlakuan dalam penelitian ini masing-masing dilakukan dalam 2 kali ulangan, sehingga secara keseluruhan menghasilkan 12 kombinasi perlakuan, yaitu 6 x 2 unit percobaan.

#### **3.2 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Jl. Soekarno Hatta, Desa Bondoyudo, Kecamatan Sukodono, Kabupaten Lumajang. Dilanjutkan di Laboratorium Sentral dan Ilmu Pangan, Universitas Brawijaya Malang selama bulan Juni sampai Juli 2008.

### 3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. *Box Storage* sebagai wadah untuk tempat perlakuan “*pre cooling*” di lapang.
2. *CO<sub>2</sub> analyzer* untuk mengukur kadar *CO<sub>2</sub>* pada produk.
3. Timbangan digital, digunakan untuk menimbang berat produk.
4. Higrometer, untuk mengukur RH.
5. Termometer, untuk mengukur suhu pada ruang penyimpanan dan pada kondisi kamar.
6. Termokopel dan termokontrol, untuk mengukur perubahan suhu produk.
7. Penetrometer, untuk mengetahui tekstur produk.
8. Lemari pendingin, untuk menyimpan buah jeruk setelah perlakuan “*pre cooling*” di lapang.

3.3.2 Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Es batu, sebagai media pendingin dalam *Box Storage*.
2. Buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.), dengan jumlah 12 x 6 buah jeruk yang dipetik langsung dari lahan petani di Jl. Soekarno Hatta, Desa Bondoyudo, Kecamatan Sukodono, Kabupaten Lumajang.

### 3.4 Prosedur Penelitian

1. Buah jeruk dipetik dari pohon kemudian dimasukkan kedalam *box storage* yang diisi dengan es.
2. Di ukur suhu pada *box storage*.

3. Dilakukan sortasi pada buah jeruk, kemudian di cuci dengan air yang mengalir setelah itu dibersihkan dengan lap.
4. Buah jeruk di *pre cooling* pada suhu 10° C dan 15° C selama 1 jam kemudian disimpan pada lemari pendingin suhu 10° C selama 21 hari.
5. Buah jeruk di *pre cooling* pada suhu 10° C dan 15° C selama 1 jam kemudian disimpan pada suhu kamar 25-27°C selama 21 hari.
6. Buah jeruk tanpa *pre cooling* kemudian disimpan pada suhu kamar 25-27° C.
7. Buah jeruk tanpa *pre cooling* pada kemudian disimpan pada lemari pendingin suhu 10° C.
8. Pengamatan dan pengukuran terhadap laju respirasi, susut berat, tesktur, aroma, dan warna dilakukan 3 hari sekali dalam 3 minggu.

### **3.5 Parameter Pengamatan**

Pengamatan yang dilakukan dalam penelitian ini ada dua yaitu pengamatan terhadap suhu yang dilakukan di lapang pada waktu pelaksanaan *pre cooling* dan juga pengamatan pada waktu melakukan penyimpanan di dalam media penyimpanan yang meliputi :

1. Laju respirasi.
2. Susut berat.
3. Warna
4. Tekstur
5. Aroma

Pengamatan dalam pelaksanaan penelitian ini dilakukan dilakukan 3 hari sekali dalam 3 minggu. dengan prosedur sebagai berikut :

1. Pengukuran laju respirasi dari jeruk

- Diukur volume wadah.
- Diambil sampel jeruk dan ditimbang beratnya.
- Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat *CO<sub>2</sub> analyzer*.

2. Penentuan susut berat dari jeruk.

- Jeruk ditimbang terlebih dahulu sebelum dimasukkan kedalam ruang pendingin.
- Dilakukan penimbangan lagi sesuai dengan pengamatan pada hari berikutnya.

3. Pengamatan warna buah.

- Perubahan fisik yang terjadi pada cabai diamati secara inderawi. Dimana cabai diamati dari perubahan fisik, pengeriputan kulit, dan warnanya yang tidak segar lagi.

4. Penentuan tekstur (kekuatan) dari jeruk.

Kekerasan atau tekstur buah jeruk dapat diukur dengan menggunakan penetrometer. Setelah dilakukan pengukuran dengan menggunakan penetrometer maka hasil pengukuran tersebut dimasukkan kedalam rumus:

$$P = \frac{\text{Rata-rata tusukan}}{\text{Berat jarum} \times \text{waktu}} \dots\dots\dots(1)$$

5. Penentuan aroma

- Perubahan aroma yang terjadi pada jeruk di amati dengan inderawi. Dimana jeruk mengalami perubahan aroma. Pengamatan pada aroma buah jeruk ini dilakukan oleh 20 panelis.

### 3.6 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data menggunakan dua cara yakni secara deskriptif dan analisis statistik inferensial. Analisis deskriptif digunakan untuk mengetahui data perubahan fisik, sedangkan analisis inferensial menggunakan Anava Ganda dengan taraf signifikansi 5% dan dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (BNT) untuk mengetahui perlakuan yang paling efektif, dan digunakan untuk analisis data laju respirasi, tekstur dan susut berat.



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

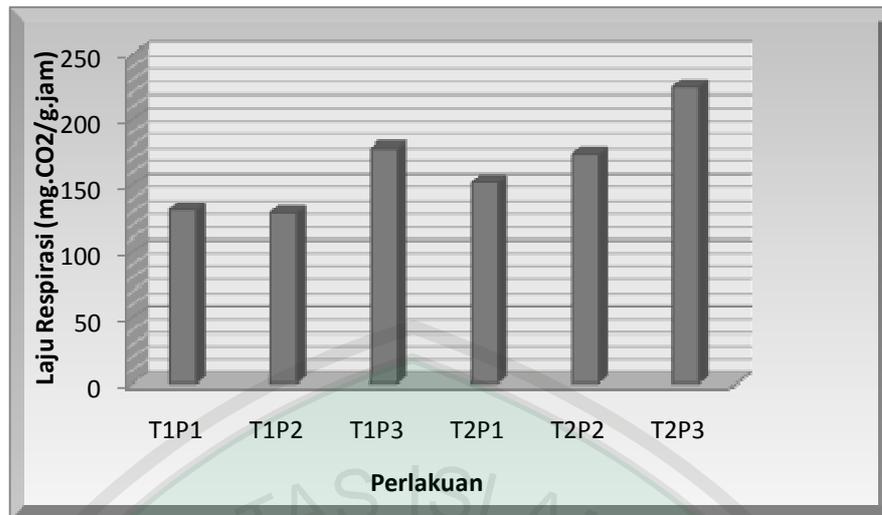
#### 4.1 Hasil Penelitian Laju Respirasi Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.)

Laju respirasi pada penelitian *pre cooling* buah jeruk keprok ini dihitung dengan menggunakan alat  $\text{CO}_2$  analyzer, dimana tiap-tiap perlakuan diambil 1 sampel buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.) yang kemudian dimasukkan ke dalam toples dan diukur laju respirasinya pada suhu  $10^\circ\text{C}$  dan suhu kamar  $25^\circ\text{C}$  dengan menggunakan asumsi bahwa laju respirasi awal tiap buah jeruk sama dan nilai yang ditunjukkan pada  $\text{CO}_2$  Analyzer merupakan jumlah karbondioksida yang dihasilkan pada waktu respirasi pada jeruk.

##### 4.1.1 Data Hasil Laju Respirasi ( $\text{mg}.\text{CO}_2/\text{jam}.$ g) Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.)

Mean Treatment (Suhu Penyimpanan)	Sub Treatment ( <i>Pre-cooling</i> )	Hasil Laju Respirasi		Total	Rata-rata
		I	II		
T <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	131,74	132,12	263,86	131,93
	P <sub>2</sub>	132,12	128,31	258,88	129,44
	P <sub>3</sub>	177,86	178,865	356,72	178,36
$\Sigma T_1$		440,17	439,29	879,46	
T <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	151,75	152,05	303,8	151,9
	P <sub>2</sub>	173,77	175,72	349	174,5
	P <sub>3</sub>	224,77	223,71	448,48	224,24
$\Sigma T_2$		989,97	551,48	110,28	
		989,97	990,77	1980,3	

Keterangan : T<sub>1</sub>P<sub>1</sub> = Suhu penyimpanan  $10^\circ\text{C}$  dan *pre cooling*  $10^\circ\text{C}$   
T<sub>1</sub>P<sub>2</sub> = Suhu penyimpanan  $10^\circ\text{C}$  dan *pre cooling*  $15^\circ\text{C}$   
T<sub>1</sub>P<sub>3</sub> = Suhu penyimpanan  $10^\circ\text{C}$  dan tanpa *pre cooling*  
T<sub>2</sub>P<sub>1</sub> = Suhu kamar  $\pm 25^\circ\text{C}$  dan *pre cooling*  $10^\circ\text{C}$   
T<sub>2</sub>P<sub>2</sub> = Suhu kamar  $\pm 25^\circ\text{C}$  dan *pre cooling*  $15^\circ\text{C}$   
T<sub>2</sub>P<sub>3</sub> = Suhu kamar  $\pm 25^\circ\text{C}$  dan tanpa *pre cooling*



**Gambar 4.1.1 Diagram Batang Laju Respirasi Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis L.*)**

Tabel dan gambar grafik 4.1.1 merupakan hasil perhitungan laju respirasi rata-rata CO<sub>2</sub> pada jeruk keprok (*Citrus nobilis L.*). Berdasarkan tabel dan grafik 4.1.1 dapat dilihat nilai laju respirasi tertinggi pada jeruk yang disimpan pada suhu penyimpanan 10 °C yang tidak mengalami perlakuan *pre cooling*. Demikian pula penyimpanan suhu kamar ± 25 °C, laju respirasi tertinggi terletak pada jeruk yang tidak mengalami *pre cooling*, dengan demikian dapat dikemukakan bahwa *pre cooling* akan menyebabkan laju respirasi menjadi lambat dan akan mengurangi kehilangan air.

**Tabel 4.1.2 Ringkasan Analisis Variansi Laju Respirasi Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.)**

SK	db	JK	KT	F <sub>hitung</sub>	F <sub>5%</sub>
1. Ulangan	1	1020,7	1020,7	63,79**	1,61
2. Petak Utama (Suhu Penyimpanan)	1	129	129	8,0625**	1,61
3. Galat (a)	1	16	16		
4. Anak petak (P)	2	8424,8	4212,4	936,08**	4,46
5. T x P	4	5994,5	248,625	55,25**	3,84
6. Galat (b)	8	36	4,5		
Jumlah	17	1062,1	5631,225		

Keterangan \* = beda nyata  
 \*\* = beda sangat nyata  
 ns = non signifikasi

Berdasarkan hasil analisis statistik ANAVA pada tabel 4.1.2 dapat diketahui bahwa perlakuan *pre cooling* metode *contact icing* dan tanpa perlakuan *pre cooling* pada suhu penyimpanan 10 °C dan 25 °C berpengaruh sangat nyata terhadap laju respirasi buah jeruk karena  $F_{hitung} > F_{tabel}$  5%, maka hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak dan  $H_1$  diterima, karena berpengaruh sangat nyata maka analisis dilanjutkan dengan uji BNT dengan taraf signifikansi 5%. Hasil analisis akan disajikan pada tabel 4.1.3.

**Tabel 4.1.3 Hasil Uji BNT Laju Respirasi Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.)**

Kombinasi Perlakuan	Rata-rata	Notasi
T <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	129,44	a
T <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	131,93	a
T <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	151,9	a
T <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	174,5	a
T <sub>1</sub> P <sub>3</sub>	178,36	b
T <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	224,24	b

Keterangan : T <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	= Suhu penyimpanan 10 °C dan <i>pre cooling</i> 10 °C
T <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	= Suhu penyimpanan 10 °C dan <i>pre cooling</i> 15 °C
T <sub>1</sub> P <sub>3</sub>	= Suhu penyimpanan 10 °C dan tanpa <i>pre cooling</i>
T <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	= Suhu kamar ± 25 °C dan <i>pre cooling</i> 10 °C
T <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	= Suhu kamar ± 25 °C dan <i>pre cooling</i> 15 °C
T <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	= Suhu kamar ± 25 °C dan tanpa <i>pre cooling</i>

Berdasarkan hasil uji BNT 5% (Tabel 4.1.3) dapat dijelaskan bahwa pengaruh perlakuan *pre cooling* metode *contact icing* dan suhu penyimpanan pada perlakuan T<sub>1</sub>P<sub>1</sub>, T<sub>1</sub>P<sub>2</sub>, T<sub>2</sub>P<sub>1</sub> dan T<sub>2</sub>P<sub>2</sub> tidak berpengaruh, perlakuan T<sub>1</sub>P<sub>1</sub>, T<sub>1</sub>P<sub>2</sub>, dan T<sub>2</sub>P<sub>1</sub> berbeda nyata dengan perlakuan T<sub>1</sub>P<sub>3</sub>, sedangkan perlakuan T<sub>1</sub>P<sub>1</sub>, T<sub>1</sub>P<sub>2</sub>, T<sub>2</sub>P<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>P<sub>2</sub> dan T<sub>1</sub>P<sub>3</sub> berbeda nyata dengan perlakuan T<sub>2</sub>P<sub>3</sub>. Perlakuan *pre cooling* metode *contact icing* dan suhu penyimpanan yang mempunyai hasil optimal adalah pada perlakuan T<sub>1</sub>P<sub>1</sub>, T<sub>1</sub>P<sub>2</sub>, dan T<sub>2</sub>P<sub>1</sub>, sedangkan hasil yang kurang optimal adalah pada perlakuan T<sub>2</sub>P<sub>3</sub>.

Pengukuran CO<sub>2</sub> yang juga merupakan laju respirasi dapat digunakan sebagai salah satu indikator terjadinya berbagai macam perubahan dan kemasakan ( Kays 1991 dalam Mulyati 2005). 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 (Mulyati, 2005).

Laju respirasi pada suhu 25 °C (T<sub>2</sub>) lebih tinggi dibandingkan dengan suhu penyimpanan 10 °C (T<sub>1</sub>) (Tabel 4.1.1), dikarenakan suhu yang tinggi meningkatkan aktivitas metabolisme sehingga produk menjadi cepat rusak, meningkatnya kehilangan air sehingga produk menjadi kering dan berkerut, dan meningkatnya pertumbuhan organisme penyebab pembusukan (Kader, 1992). Menurut Tjitrosomo (1984), laju respirasi jaringan tumbuhan dipengaruhi oleh

suhu, kelembaban, adanya luka, umur dan jenis jaringan, konsentrasi karbondioksida dan oksigen, banyaknya bahan makanan yang tersedia.

Laju respirasi merupakan petunjuk yang baik untuk daya simpan buah sesudah dipanen. Intensitas respirasi dianggap sebagai ukuran laju jalannya metabolisme dan oleh karena itu sering dianggap sebagai petunjuk mengenai potensi daya simpan buah. Laju respirasi yang tinggi biasanya disertai oleh umur simpan yang pendek. Hal itu juga merupakan petunjuk kemunduran mutu dan nilainya sebagai bahan makanan (Pantastico, 1973).

Menurut Sasmithahardja (1990), respirasi seperti juga proses-proses enzimatik yang lain dipengaruhi oleh suhu. Di dalam batas-batas tertentu laju reaksi enzim kira-kira meningkat dua kali untuk setiap kenaikan suhu 10 °C. Enzim akan menurunkan energi aktivasi suatu reaksi. Jika energi aktivasi untuk reaksi itu rendah, lebih banyak molekul substrat dapat bereaksi dari pada tanpa enzim. Enzim meningkatkan kecepatan reaksi keseluruhan tanpa mengubah suhu reaksi. Selama berjalannya reaksi enzim dan substrat berkombinasi sementara membentuk kompleks enzim-substrat.

Aktivitas enzim didalam buah dan sayur-mayur menurun pada temperatur di atas 30 °C, temperatur di mana enzim spesifik menjadi non aktif. Selanjutnya beberapa buah pada masa kritis/perubahan fisik pada suhu sekitar 30°C menyebabkan daging buah menjadi lunak, tetapi buah mempunyai warna yang tidak normal, metabolisme menjadi abnormal akan mengakibatkan suatu uraian integritas selaput dan struktur, dengan gangguan sel dan pembusukan yang cepat. Perubahan secara umum sering ditandai hilangnya pigmen, dan rusaknya jaringan (Kensington, 1981).

Penyimpanan pada suhu 10 °C ( $T_1$ ) mempunyai hasil lebih baik dibandingkan suhu 25 °C ( $T_2$ ) (Tabel 4.1.1), dikarenakan penyimpanan pada suhu yang rendah sebagaimana dikemukakan oleh Tjitrosomo dapat menurunkan kerja (aktivitas) enzim-enzim respirasi dengan enzim lain pada jaringan rumbuan 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. (Tjitrosomo, 1984).

Suhu antara 32 °F dan 95 °F laju respirasi buah-buahan dan sayuran meningkat dengan 2 sampai 2,5 untuk tiap kenaikan suhu 18 °F, yang memberi petunjuk bahwa baik proses biologi maupun proses kimiawi dipengaruhi oleh suhu. Diatas 95 °F laju respirasi merupakan resultante suhu yang menguntungkan terhadap reaksi-reaksi kimiawi dan pengaruh hambatan suhu tinggi terhadap kegiatan enzim-enzim. Hal ini dapat diperlihatkan dengan memindahkan sayur-sayuran dan buah-buahan yang sedang berespirasi dari suhu 75 °F ke suhu 100 °F. Mula-mula terjadi peningkatan laju respirasi, yang menandakan naiknya kegiatan enzim-enzim. Kemudian disusul dengan penurunan sedikit demi sedikit sampai lajunya mendekati nol. Penurunan ini mungkin merupakan gambaran terjadinya perusakan (denaturasi) enzim (Pantastico, 1973).

Buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.) tanpa perlakuan *pre cooling* ( $T_1P_3$  dan  $T_2P_3$ ), laju respirasi meningkat lebih tinggi hal ini disebabkan kenaikan suhu meningkatkan aktivitas metabolisme sehingga produk menjadi cepat rusak. Pendinginan pendahuluan (*pre cooling*) adalah upaya untuk menghilangkan panas lapang, dan tujuannya untuk memperlambat laju respirasi, memperkecil terhadap

serangan mikroorganisme dan mengurangi kehilangan air (Pantastico, 1973). Menurut Widianarko (2004), respirasi tidak dapat dihentikan, tetapi dapat dihambat, yaitu dengan penyimpanan pada suhu dan kelembaban yang rendah.

Perlakuan T<sub>2</sub>P<sub>3</sub> (Tabel 4.1.3) Laju respirasi meningkat lebih tinggi, hal ini disebabkan kenaikan suhu meningkatkan aktivitas metabolisme sehingga produk menjadi cepat rusak, meningkatnya kehilangan air sehingga produk menjadi kering dan berkerut, dan meningkatnya pertumbuhan organisme penyebab pembusukan (Kader, 1992).

Buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.) setelah dipetik dari pohon terus melakukan proses metabolisme, salah satu proses tersebut adalah katabolisme. Katabolisme disebut pula disimilasi, karena dalam proses ini energi yang tersimpan ditimbulkan kembali atau dibongkar untuk melakukan proses-proses kehidupan. Respirasi sel berlangsung didalam mitokondria melalui proses glikolisis, yakni proses pengubahan atom C<sub>6</sub> menjadi C<sub>3</sub>. Dilanjutkan dengan proses dekarboksilasi oksidatif yang mengubah senyawa C<sub>3</sub> menjadi senyawa C<sub>2</sub> dan C<sub>1</sub> (CO<sub>2</sub>). Kemudian daur krebs mengubah senyawa C<sub>2</sub> menjadi senyawa C<sub>1</sub> (CO<sub>2</sub>) (Crayonpedia, 2008).

Pada setiap tingkatan ini dihasilkan energy berupa ATP (adenosine Tri Phosphat) dan hidrogen . Didalam proses respirasi dihasilkan senyawa antara CO<sub>2</sub> yang merupakan bahan dasar proses anabolisme. Didalam proses respirasi sel bahan bakarnya adalah gula heksosa. Pembakaran tersebut memerlukan oksigen bebas, sehingga reaksi keseluruhan dapat ditukis sebagai berikut :

$$C_6H_{12}O_6 + 6 CO_2 \text{ ----- } 6 CO_2 + 6H_2O + 675 \text{ kal (Crayonpedia, 2008).}$$

Dilihat dari sisi keislaman maka, Allah menciptakan makhluk-Nya yang kecil dan remeh pun diberi takdir. Contohnya seperti pada rerumputan (QS. A-‘Aala: 4-5).

وَالَّذِي أَخْرَجَ الْمَرْعَىٰ ۖ فَجَعَلَهُ رُغَاءً أَحْوَىٰ ﴿٤﴾

Artinya” Dan yang menumbuhkan rumput-rumputan, Lalu dijadikan-Nya rumput-rumput itu kering kehitam-hitaman (QS. A-‘Aala: 4-5).

Mengapa rerumputan itu tumbuh subur, dan mengapa pula ia layu dan kering. Berapa kadar kesuburan dan kekeringannya, kesemuanya telah ditetapkan oleh Allah SWT. Melalui hukum-hukum-Nya yang berlaku pada alam raya ini. Ayat ini menjelaskan bila ingin melihat rumput subur menghiijau, maka siramilah ia, dan bila membiarkannya tanpa pemeliharaan akan diterpa panas yang terik, maka ia pasti akan mati dan kering kehitam-hitaman atau *ghutsan ahwa* seperti bunyi ayat di atas (Syihab, 1996).

Begitu pula pada buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.), dengan perlakuan *pre cooling* dan tanpa perlakuan *pre cooling*. Buah jeruk tanpa perlakuan *pre cooling* laju respirasi meningkat lebih tinggi, susut berat meningkat, tekstur kering keriput, dan warna kehitam-hitaman. Buah jeruk dengan perlakuan *pre cooling* laju respirasinya lebih rendah, susut berat lebih kecil dan kelihatan lebih segar dan tahan lama dalam penyimpanan. Demikian takdir Allah SWT menjangkau seluruh makhluk-Nya. Hasilnya bisa dilihat ayat sebagai berikut:

قَدْ جَعَلَ اللَّهُ لِكُلِّ شَيْءٍ قَدْرًا ﴿٣﴾

Artinya” Sesungguhnya Allah Telah mengadakan ketentuan bagi tiap-tiap sesuatu (QS. Al-Thalaq : 3).

Peristiwa-peristiwa yang terjadi di alam raya ini, dari sisi kejadiannya dalam kadar dan ukuran tertentu, pada tempat dan waktu tertentu, dan itulah yang disebut takdir. Tiada sesuatu yang terjadi tanpa takdir, termasuk manusia. Peristiwa-peristiwa tersebut berada dalam pengetahuan dan ketentuan Allah, yang kedua menurut para ulama dapat disimpulkan dalam istilah *sunnatullah* atau sering secara salah kaprah disebut "hukum-hukum alam" (Syihab, 1996).

#### **4.2 Perubahan Tekstur Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.) Selama Perlakuan *Pre cooling* Metode *Contact Icing***

Untuk menentukan nilai kekerasan / tekstur pada jeruk diukur dengan menggunakan penetrometer. Prinsip kerjanya adalah menentukan besarnya tekanan yang diperlukan untuk memasukkan jarum penetrometer hingga kedalaman yang ditentukan ke dalam jeruk dalam waktu tertentu. Waktu yang digunakan dalam pengukuran tekstur ini adalah sebesar 10 detik. Nilai yang ditunjukkan pada penetrometer merupakan nilai tingkat kekerasan yang ada pada jeruk. Pengukuran tekstur ini diambil 1 sampel pada tiap-tiap ulangan, dan terdapat 3 titik pengujian pada tiap-tiap jeruk. Tiga titik pengujian ini meliputi bagian ujung, tengah, dan pangkal jeruk.

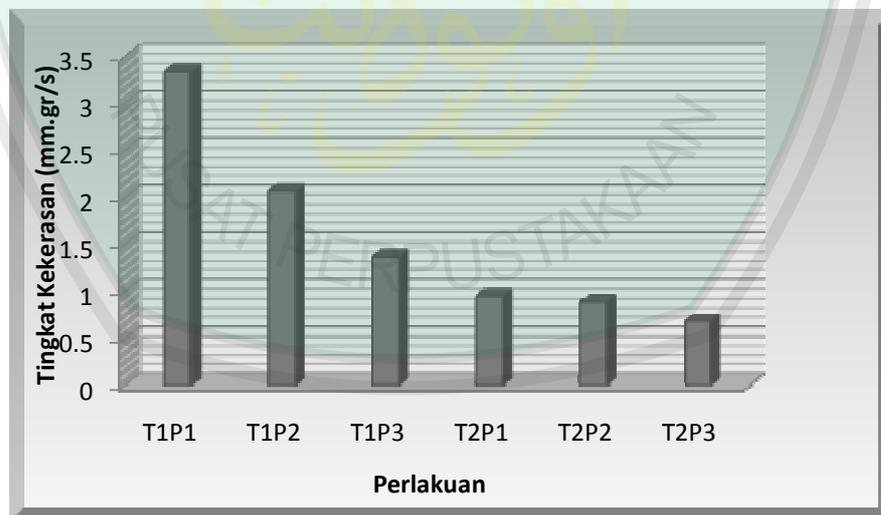
Nilai yang ditunjukkan pada penetrometer dapat diketahui bahwa semakin kecil nilai yang ditunjukkan oleh penetrometer maka tekstur jeruk semakin lunak. Adapun data tekstur jeruk setelah diukur dengan penetrometer disajikan dalam Tabel 4.2.1 :

**Tabel 4.2.1 Data Hasil Perhitungan Tekstur (mm.g/s) Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.)**

Main treatment (Suhu Penyimpanan)	Sub treatment ( <i>Pre cooling</i> )	Hasil Tekstur		Total	Rata-rata
		I	II		
T <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	3,33	3,35	6,68	3,34
	P <sub>2</sub>	2,03	2,09	4,12	2,06
	P <sub>3</sub>	1,36	1,37	2,73	1,37
Σ T <sub>1</sub>		9,17	9,38	13,53	
T <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	0,90	0,99	1,89	0,95
	P <sub>2</sub>	0,88	0,89	1,77	0,89
	P <sub>3</sub>	0,67	0,68	1,35	0,68
Σ T <sub>2</sub>		6,72	6,81	5,01	
Total		2,45	2,57	18,5	

Keterangan :

- T<sub>1</sub>P<sub>1</sub> = Suhu penyimpanan 10 °C dan *pre cooling* 10 °C
- T<sub>1</sub>P<sub>2</sub> = Suhu penyimpanan 10 °C dan *pre cooling* 15 °C
- T<sub>1</sub>P<sub>3</sub> = Suhu penyimpanan 10 °C dan tanpa *pre cooling*
- T<sub>2</sub>P<sub>1</sub> = Suhu kamar ± 25 °C dan *pre cooling* 10 °C
- T<sub>2</sub>P<sub>2</sub> = Suhu kamar ± 25 °C dan *pre cooling* 15 °C
- T<sub>2</sub>P<sub>3</sub> = Suhu kamar ± 25 °C dan tanpa *pre cooling*



**Gambar 4.2.1 Diagram Batang Tekstur Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.)**

Tabel dan gambar diagram 4.2.1 merupakan hasil perhitungan tekstur buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.). Berdasarkan tabel dan diagram 4.2.1 dapat

dilihat nilai rata-rata tekstur terendah pada buah jeruk dengan suhu penyimpanan 25 °C, dan tanpa perlakuan *pre cooling*.

**Tabel 4.2.2 Ringkasan Analisis Variansi Terhadap Tekstur Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.)**

SK	db	JK	KT	F <sub>hitung</sub>	F <sub>5%</sub>
1.Ulangan	1	31,2	31,2	1560**	1,61
2.Petak Utama (Suhu Penyimpanan T)	1	6,22	6,22	311**	1,61
3.Galat (a)	1	0,02	0,02		
4.Anak Petak (P)	2	2,7	1,35	180**	4,46
5.T x P	4	1,38	0,345	46**	3,48
6.Galat (b)	8	0,06	0,0075		
Total	17	41,52			

Keterangan \* = beda nyata  
 \*\* = beda sangat nyata  
 ns = non signifikasi

Berdasarkan hasil analisis ANAVA pada tabel 4.2.2 dapat diketahui bahwa perlakuan *pre cooling* berpengaruh sangat nyata terhadap tekstur buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.). Hal ini dapat diketahui dari  $F_{hitung} > F_{tabel}$  5%, maka hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak dan  $H_1$  diterima, karena terdapat pengaruh yang nyata dari perlakuan *pre cooling* metode *contact icing* terhadap tekstur buah jeruk keprok, maka perlu dilakukan uji lanjut BNT dengan taraf signifikansi 5%. Hasil analisis disajikan pada tabel 4.2.3.

**Tabel 4.2.3 Hasil Uji BNT Tekstur Buah Jeruk Keprok**

Kombinasi Perlakuan	Rata-rata	Notasi
T <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	0,68	a
T <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	0,89	a
T <sub>1</sub> P <sub>3</sub>	0,95	a
T <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	1,37	a
T <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	2,06	b
T <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	3,34	b
BNT 0,05	0,05	

Keterangan : T<sub>1</sub>P<sub>1</sub> = Suhu penyimpanan 10 °C dan *pre cooling* 10 °C  
T<sub>1</sub>P<sub>2</sub> = Suhu penyimpanan 10 °C dan *pre cooling* 15 °C  
T<sub>1</sub>P<sub>3</sub> = Suhu penyimpanan 10 °C dan tanpa *pre cooling*  
T<sub>2</sub>P<sub>1</sub> = Suhu kamar ± 25 °C dan *pre cooling* 10 °C  
T<sub>2</sub>P<sub>2</sub> = Suhu kamar ± 25 °C dan *pre cooling* 15 °C  
T<sub>2</sub>P<sub>3</sub> = Suhu kamar ± 25 °C dan tanpa *pre cooling*

Berdasarkan hasil uji BNT 5% diatas dapat dijelaskan bahwa pengaruh perlakuan *pre cooling* metode *contact icing* dan suhu penyimpanan pada perlakuan T<sub>1</sub>P<sub>1</sub>, T<sub>1</sub>P<sub>2</sub>, T<sub>1</sub>P<sub>3</sub> dan T<sub>2</sub>P<sub>1</sub> tidak berbeda nyata, tetapi T<sub>1</sub>P<sub>1</sub>, T<sub>1</sub>P<sub>2</sub>, T<sub>1</sub>P<sub>3</sub> dan T<sub>2</sub>P<sub>1</sub> berbeda nyata dengan perlakuan T<sub>2</sub>P<sub>2</sub>, dan T<sub>2</sub>P<sub>3</sub>. Perlakuan *pre cooling* metode *contact icing* dan suhu penyimpanan yang mempunyai hasil optimal adalah pada perlakuan T<sub>1</sub>P<sub>1</sub>, T<sub>1</sub>P<sub>2</sub>, T<sub>1</sub>P<sub>3</sub> dan T<sub>2</sub>P<sub>1</sub>, sedangkan hasil yang kurang optimal adalah pada perlakuan T<sub>2</sub>P<sub>2</sub> dan T<sub>2</sub>P<sub>3</sub> .

Tekstur buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.) pada suhu 25 °C lebih lunak dibandingkan dengan suhu 10 °C. Hal ini disebabkan perubahan tekstur yang terjadi pada buah yaitu dari keras menjadi lunak, akibat terjadinya proses kelayuan. Respirasi dan transpirasi juga berperan penting dalam kualitas jaringan tanaman yang dipengaruhi oleh enzim pektolitik. Enzim-enzim pektolitik bisa

mengakibatkan perubahan tekstur pada buah sehingga terjadi pelunakan buah (Apandi 1984 dalam Muliaty 2005).

Susanto (1994), mengatakan bahwa baik ukuran maupun bentuk sel mempengaruhi tekstur. Sel-sel kecil dengan ruang antar sel yang kecil pula, membentuk tekstur yang padat dan sel besar dengan ruang antar sel yang berbeda pula membentuk tekstur yang kasar seperti spon. Keterikatan sel satu dengan sel yang lainnya tergantung pada komponen pektin dinding sel. Proses pemasakan akan mengubah komponen pektin yang tidak larut menjadi larut dalam air sehingga sel-sel mudah terpisah sehingga berakibat lunak.

Menurut Bautista (1990) dalam Muliaty (2005), kelunakan pada buah-buahan disebabkan oleh perubahan pati menjadi karbohidrat yang lebih sederhana. Kelunakan dapat juga disebabkan oleh perubahan protopektin yang tidak larut dalam air menjadi pektin yang larut dalam air. Pektin mempunyai peranan penting dalam proses pelunakan buah (Susanto, 1993).

Penyusun utama dinding sel adalah selulosa, hemiselulosa, dan pektin. Bahan yang bukan karbohidrat seperti peptida, protein dan lignin terikat dengan karbohidrat. Selulosa adalah polimer glukosa yang terkondensasi dengan ikatan  $\beta$ -1,4 ( $\beta$ -1,4 glukana), selulosa sering mengandung bagian-bagian parakristalin yang molekul-molekulnya tersusun sebagai serabut-serabut yang paralel membentuk berkas-berkas serat. Senyawa ini sebagian besar tidak larut dalam air dan tidak dapat dicerna oleh tubuh manusia sehingga disebut karbohidrat tak tersedia (Susanto, 1993).

Buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.) baik disimpan pada suhu 10 °C daripada 25 °C, hal ini dikarenakan suhu 10 °C dapat menghambat aktivitas

enzim-enzim dalam buah dan sayuran yang akan mengakibatkan perubahan warna, tekstur, dan susunan kimiawinya. Perubahan yang terpenting adalah akibat respirasi, dan tujuan penyimpanan yang baik adalah memperlambat proses respirasi. Laju respirasi meningkat dengan adanya kenaikan suhu (Tjitrosomo, 1984).

Tekstur pada perlakuan T<sub>2</sub>P<sub>3</sub> (Tabel 4.2.3) lebih lunak karena laju respirasi pada suhu 25 °C lebih tinggi. Hal ini disebabkan jumlah zat-zat pektat bertambah selama perkembangan buah, kandungan pektat dan pektinat yang larut meningkat sedangkan jumlah zat-zat pektat seluruhnya menurun, transpirasi yang terlalu berlebihan akan mengakibatkan kenampakan buah kurang menarik, keriput, susut berat, dan kehilangan kesegaran yang tentunya akan mengakibatkan penurunan mutu dari komoditi tersebut (Pantastico, 1973).

Menurut Tranggono & Sutardi (1990), kelayuan yang terjadi pada buah diakibatkan laju kecepatan respirasi meningkat, suhu udara yang tinggi atau dengan kata lain kelembaban relatif dibawah 85-95%. Uap air seperti halnya gas-gas lainnya bergerak dari bagian konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah. Kelembaban relatif dalam atmosfer internal buah segar minimal 99% sedang atmosfer sekitarnya biasanya lebih kecil. Oleh karena itu bila komoditas ditempatkan pada atmosfer dengan kelembaban relatif yang lebih kecil dari 99% maka uap air akan bergerak ke luar dari jaringan ke atmosfer. Semakin kering udara dalam ruang penyimpan semakin cepat kehilangan air dari buah yang disimpan.

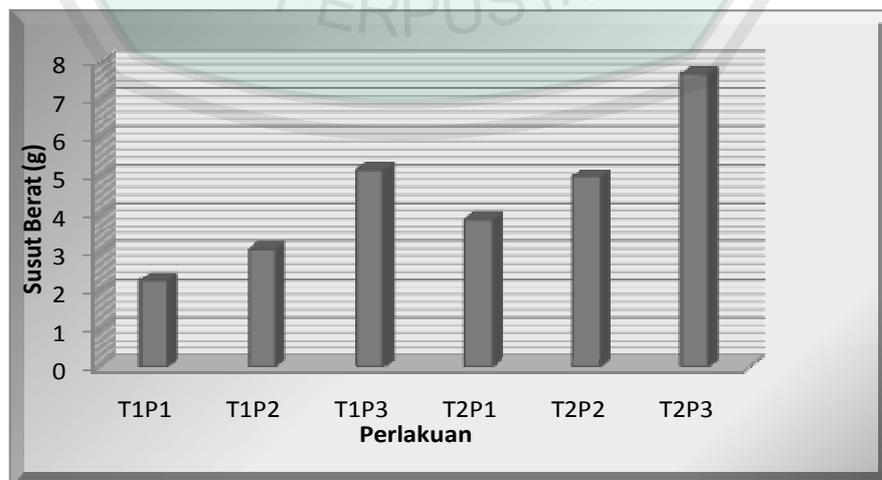
### 4.3 Perubahan Susut Berat Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.)

Besarnya susut berat didapatkan dari nilai persentase susut berat dibagi dengan hari penyimpanan. Untuk mengetahui berapa besar penyusutan tiap-tiap perlakuan maka diambil tiap sampel sebanyak 1 buah jeruk dengan masing-masing perlakuan diulang sebanyak 2 kali.

**Tabel 4.3.1. Data Hasil Perhitungan Susut Berat (g) Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.)**

Main treatment (Suhu Penyimpanan)	Sub treatment ( <i>Pre cooling</i> )	Hasil Susut Berat		Total	Rata-rata
		I	II		
T <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	2,25	2,30	4,55	2,28
	P <sub>2</sub>	3,04	3,08	6,12	3,08
	P <sub>3</sub>	5,16	5,2	10,36	5,18
Σ T <sub>1</sub>		10,45	10,58	21,03	
T <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	3,86	3,9	7,76	3,88
	P <sub>2</sub>	4,88	5,02	9,99	4,99
	P <sub>3</sub>	7,62	7,7	15,32	7,66
Σ T <sub>2</sub>		16,36	16,62	33,07	
Total		26,81	16,62	54,1	

Keterangan : T<sub>1</sub>P<sub>1</sub> = Suhu penyimpanan 10 °C dan *pre cooling* 10 °C  
 T<sub>1</sub>P<sub>2</sub> = Suhu penyimpanan 10 °C dan *pre cooling* 15 °C  
 T<sub>1</sub>P<sub>3</sub> = Suhu penyimpanan 10 °C dan tanpa *pre cooling*  
 T<sub>2</sub>P<sub>1</sub> = Suhu kamar ± 25 °C dan *pre cooling* 10 °C  
 T<sub>2</sub>P<sub>2</sub> = Suhu kamar ± 25 °C dan *pre cooling* 15 °C  
 T<sub>2</sub>P<sub>3</sub> = Suhu kamar ± 25 °C dan tanpa *pre cooling*



**Gambar 4.3.1 Diagram Batang Susut Berat Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.)**

Tabel dan gambar diagram 4.3.1 merupakan hasil perhitungan susut berat buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.). Berdasarkan hasil perhitungan susut berat diatas dapat dilihat bahwa rata-rata penurunan susut berat per hari terendah pada suhu penyimpanan 10°C adalah jeruk dengan perlakuan *pre cooling* 10°C, sedangkan susut berat yang tertinggi terdapat pada jeruk yang tidak mengalami perlakuan *pre cooling* sedangkan penyimpanan pada suhu kamar 25 °C susut berat terendah terdapat pada jeruk dengan perlakuan *pre cooling* 10°C, sedangkan susut berat tertinggi pada jeruk yang tidak mengalami *pre cooling*.

**Tabel 4.3.2 Ringkasan Analisis Variansi Susut Berat Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.)**

SK	db	JK	KT	F <sub>hitung</sub>	F <sub>5%</sub>
1.Ulangan	1	8,193	8,193	3,24 **	1,61
2.Petak Utama (Suhu Penyimpanan T)	1	11,102	11,102	4,39**	1,61
3. Galat (a)	1	2,525	2,525		
4.Anak Petak (P)	2	194,6	97,3	4,74**	4,46
5.T x P	4	35,3	85,5	4,17**	3,48
6.Galat (b)	8	164	20,5		
Total	17	415,527			

Berdasarkan hasil analisis ANAVA pada tabel 4.2.2 dapat diketahui bahwa perlakuan *pre cooling* berpengaruh sangat nyata terhadap susut berat buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.). Hal ini dapat diketahui dari  $F_{hitung} > F_{tabel}$  5%, maka hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak dan  $H_1$  diterima. Karena terdapat pengaruh yang nyata dari perlakuan *pre cooling* metode *contac icing* terhadap susut berat buah jeruk keprok, maka perlu dilakukan uji lanjut BNT dengan taraf signifikansi 5%. Hasil analisis disajikan pada tabel 4.3.3.

**Tabel 4.3.3 Hasil Uji BNT Susut Berat**

Kombinasi Perlakuan	Rata-rata	Notasi
T <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	2,28	a
T <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	3,06	a
T <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	3,38	a
T <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	5,18	a
T <sub>1</sub> P <sub>3</sub>	5,18	a
T <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	7,66	a
BNT 0,05	0,05	

Keterangan : T<sub>1</sub>P<sub>1</sub> = Suhu penyimpanan 10 °C dan *pre cooling* 10 °C  
T<sub>1</sub>P<sub>2</sub> = Suhu penyimpanan 10 °C dan *pre cooling* 15 °C  
T<sub>1</sub>P<sub>3</sub> = Suhu penyimpanan 10 °C dan tanpa *pre cooling*  
T<sub>2</sub>P<sub>1</sub> = Suhu kamar ± 25 °C dan *pre cooling* 10 °C  
T<sub>2</sub>P<sub>2</sub> = Suhu kamar ± 25 °C dan *pre cooling* 15 °C  
T<sub>2</sub>P<sub>3</sub> = Suhu kamar ± 25 °C dan tanpa *pre cooling*

Dari hasil uji BNT 5% pada tabel 4.3.3 dapat dijelaskan bahwa tidak ada pengaruh antar kombinasi perlakuan.

Penyimpanan suhu 25 °C susut berat lebih tinggi daripada suhu 10 °C, hal ini dipengaruhi oleh respirasi yang meningkat dapat mengakibatkan hilangnya cadangan makanan dalam jaringan, menurunnya rasa dan nilai makanan. Kehilangan berat kering karena respirasi, nyata sekali pada bahan yang disimpan pada kurun waktu lama (Susanto, 1994)

Penurunan berat ini disebabkan proses transpirasi dan respirasi sehingga mengakibatkan buah mengalami susut berat. Hal ini disebabkan buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.) setelah dipetik dari pohon terus melakukan proses metabolisme, salah satu proses tersebut adalah katabolisme. Katabolisme disebut pula disimilasi, karena dalam proses ini energi yang tersimpan ditimbulkan kembali atau dibongkar untuk melakukan proses-proses kehidupan. Kehilangan

air selama penyimpanan tidak hanya menurunkan berat, tetapi juga dapat menurunkan mutu dan menimbulkan kerusakan. Kehilangan yang hanya sedikit mungkin tidak akan mengganggu tetapi kehilangan yang berat akan menyebabkan kelayuan dan pengkripitan. Kehilangan berat dapat juga disebabkan oleh kehilangan karbon selama respirasi, namun hal ini ternyata kurang penting (Muchtadi, 1991). Selama penyimpanan akan berkurang sebagai akibat dari penguapan air. Jika air telah berkurang sebanyak 10% maka akan mempengaruhi mutu dan akan berimbas pada kenampakan visual dan beberapa zat dalam komoditas yang bersangkutan (Gardjito dan Wardana, 2003).

Menurut Setyadjit dan Syaifullah (1994) dalam Linayanti (2005), suhu tinggi menyebabkan proses transpirasi lebih cepat dari pada suhu rendah. Transpirasi yang tinggi dapat menurunkan kadar air buah sehingga susut berat menjadi besar. Selain itu suhu tinggi menyebabkan respirasi meningkat.

#### 4.4 Uji Organoleptik

Manusia mencurahkan perhatian dan usaha yang sangat besar untuk mengetahui dirinya, kendatipun tidak memiliki perbendaharaan yang cukup banyak dari hasil penelitian para ilmuan. Tapi manusia cukup mampu mengetahui beberapa segi tertentu dari diri kita. Kita tidak mengetahui manusia secara utuh. Yang kita ketahui manusia terdiri dari bagian tertentu, dan inipun pada hakikatnya dibagi lagi menurut tata cara kita sendiri (Syihab, 1996).

وَاللَّهُ أَخْرَجَكُمْ مِنْ بُطُونِ أُمَّهَاتِكُمْ لَا تَعْلَمُونَ شَيْئًا وَجَعَلَ لَكُمُ السَّمْعَ  
وَالْأَبْصَرَ وَالْأَفْئِدَةَ لَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ ﴿٧٨﴾

Artinya” Dan Allah mengeluarkan kamu dari perut ibumu dalam keadaan tidak mengetahui sesuatu pun, dan dia memberi kamu pendengaran, penglihatan dan hati, agar kamu bersyukur (menggunakannya sesuai dengan petunjuk Ilahi untuk memperoleh pengetahuan) (QS Al-Nahl :78).

Ayat di atas mengisyaratkan penggunaan empat sarana yaitu: pendengaran, mata (penglihatan), dan akal, serta hati. Dengan sarana tersebut manusia melakukan pengamatan, percobaan, untuk meraih pengetahuan dan berfikir tentang alam raya, melakukan perjalanan, dan sebagainya, kendatipun hanya berkaitan dengan upaya mengetahui alam materi (Syihab, 1996).

وَفِي الْأَرْضِ قِطْعٌ مُتَجَاوِرَاتٌ وَجَنَّاتٌ مِّنْ أَعْنَابٍ وَزُرْعٌ وَنَخِيلٌ وَصِنَوَانٌ غَيْرُ  
صِنَوَانٍ يُسْقَى بِمَاءٍ وَاحِدٍ وَنُفِضَ لِبَعْضِهَا عَلَىٰ بَعْضٍ فِي الْأَكْلِ ۚ إِنَّ فِي  
ذَٰلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿٤﴾

Artinya” Dan di bumi ini terdapat bagian-bagian yang berdampingan, dan kebun-kebun anggur, tanaman-tanaman dan pohon korma yang bercabang dan yang tidak bercabang, disirami dengan air yang sama. Kami melebihkan sebahagian tanam-tanaman itu atas sebahagian yang lain tentang rasanya (dan bentuknya). Sesungguhnya pada yang demikian itu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang berfikir (QS. Al-Ra’ad: 4).

وَأَوْحَىٰ رَبُّكَ إِلَى النَّحْلِ أَنْ اتَّخِذِي مِنَ الْجِبَالِ بُيُوتًا وَمِنَ الشَّجَرِ وَمِمَّا يَعْرِشُونَ  
﴿٦٨﴾ ثُمَّ كُلِي مِن كُلِّ الثَّمَرَاتِ فَاسْلُكِي سُبُلَ رَبِّكِ ذُلَالًا ۚ تَخْرُجُ مِنْ بُطُونِهَا شَرَابٌ  
مُّخْتَلَفٌ أَلْوَانُهُ فِيهِ شِفَاءٌ لِلنَّاسِ ۗ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ ﴿٦٩﴾

Artinya” Dan Tuhanmu mewahyukan kepada lebah: "Buatlah sarang-sarang di bukit-bukit, di pohon-pohon kayu, dan di tempat-tempat yang dibikin manusia"Kemudian makanlah dari tiap-tiap (macam) buah-buahan dan tempuhlah jalan Tuhanmu yang Telah dimudahkan (bagimu). dari perut lebah itu ke luar minuman (madu) yang bermacam-macam warnanya, di dalamnya terdapat obat yang menyembuhkan bagi manusia. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kebesaran Tuhan) bagi orang-orang yang memikirkan (QS An-Nahl: 68-69).

Ayat-ayat Al-Qur'an tersebut memerintahkan manusia untuk terus berupaya meningkatkan kemampuan ilmiahnya. Jangankan manusia biasa, Rasul Allah Muhammad SAW diperintahkan agar berusaha dan berdoa agar selalu ditambah pengetahuannya. Hal ini dapat menjadi pemicu manusia untuk terus mengembangkan teknologi dengan memanfaatkan anugerah Allah yang dilimpahkan kepadanya. Karena itu, laju teknologi memang tidak dapat dibendung. Hanya saja manusia dapat berusaha mengarahkan diri agar tidak memperturutkan nafsunya untuk mengumpulkan harta dan ilmu/teknologi yang dapat membahayakan dinnya. Agar ia tidak menjadi seperti kepompong yang membahayakan dirinya sendiri karena kepandaiannya (Syihab, 1996).

Pengujian Organoleptik merupakan pengujian terhadap suatu produk dengan menggunakan kemampuan inderawi berupa penglihatan, perasa, pembau, dan pengecap. Pada penelitian organoleptik ini yang diujikan pada panelis berupa warna dan aroma jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.).

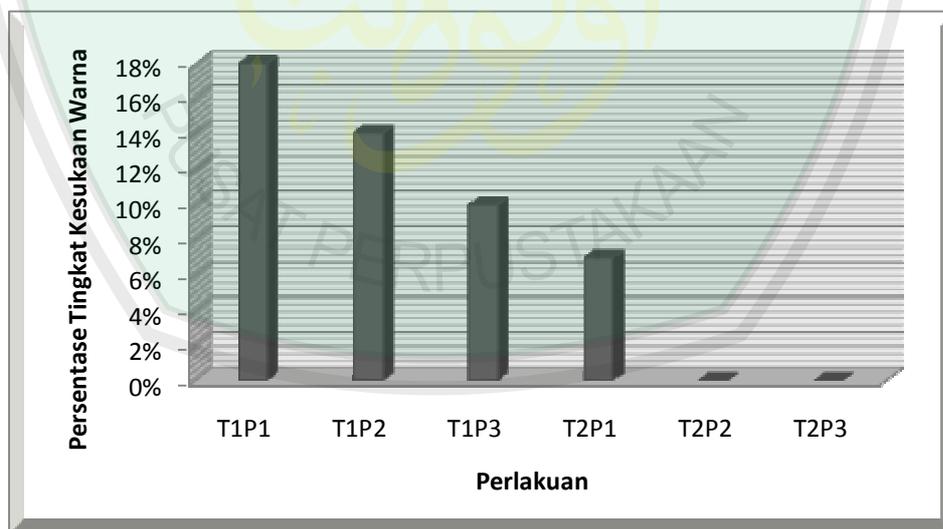
Pengujian organoleptik dilakukan pengambilan data. Panelis yang digunakan untuk menguji organoleptik berjumlah 20 orang yang berasal dari kalangan mahasiswa. Standard penilaian oleh panelis dalam bentuk pemberian tanda (+) dan (-). (- -) diartikan sangat tidak suka, (-) diartikan tidak suka, (0) diartikan antara tidak suka dan suka, (+) diartikan suka, (++) diartikan sangat suka. Hasil dari uji organoleptik pada tiap-tiap ulangan di rata-rata kemudian di cari persentasenya.

#### **4.4.1 Uji Organoleptik Warna Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.)**

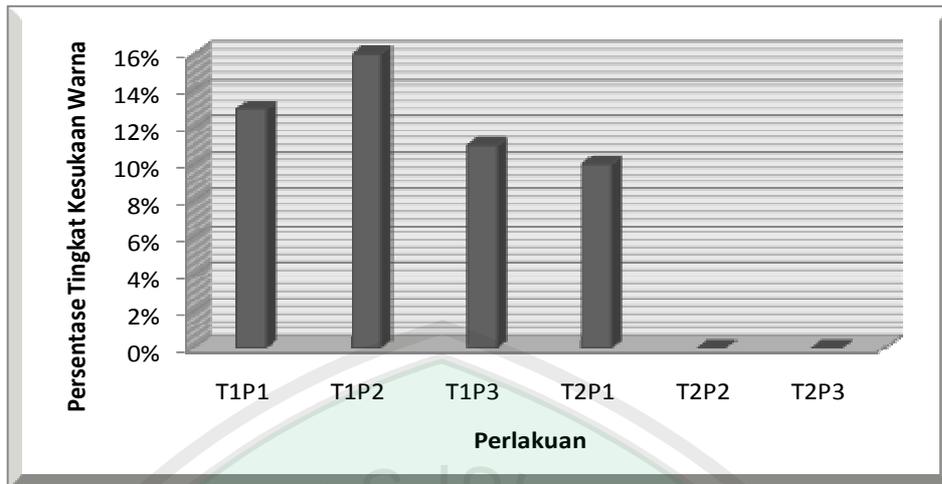
Hasil pengujian tingkat kesukaan 20 panelis pada buah jeruk dengan suhu penyimpanan 10 °C didapatkan persentase tertinggi dengan kategori sangat suka

pada perlakuan T<sub>1</sub>P<sub>1</sub> dengan persentase 18% dan persentase terendah pada perlakuan T<sub>2</sub>P<sub>2</sub> dan T<sub>2</sub>P<sub>3</sub> dengan nilai 0%, persentase tertinggi kategori suka pada perlakuan T<sub>1</sub>P<sub>2</sub> dengan persentase 16% dan persentase terendah pada perlakuan T<sub>2</sub>P<sub>2</sub> dan T<sub>2</sub>P<sub>3</sub> dengan nilai 0% , sedangkan persentase tertinggi kategori antara tidak suka dan suka pada perlakuan T<sub>1</sub>P<sub>3</sub> sebanyak 12% dan persentase terendah pada perlakuan T<sub>2</sub>P<sub>3</sub> dengan nilai 1%.

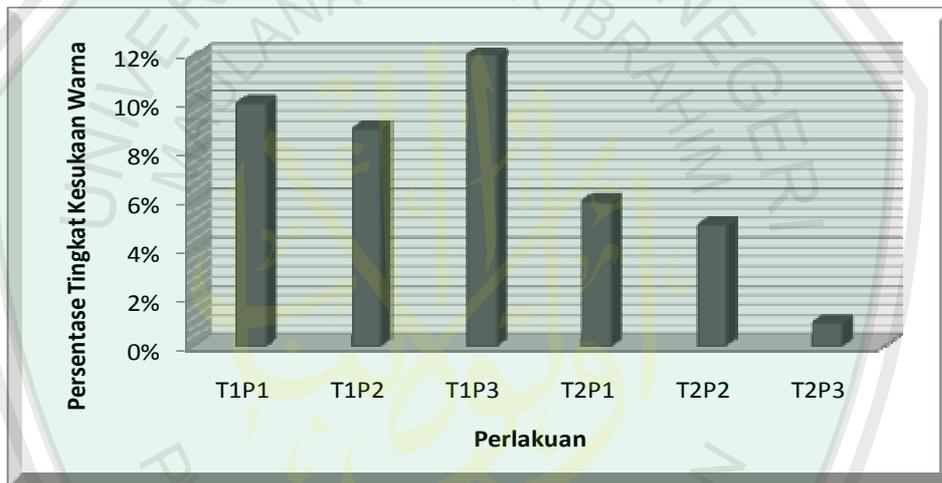
Perlakuan *pre cooling* pada suhu 25°C tingkat kesukaan 20 panelis adalah sebagai berikut: persentase tertinggi kategori suka pada perlakuan T<sub>2</sub>P<sub>1</sub> sebanyak 12% dan persentase terendah pada perlakuan T<sub>2</sub>P<sub>2</sub> dan T<sub>2</sub>P<sub>3</sub> sebanyak 1%, persentase tertinggi kategori tidak suka pada perlakuan T<sub>2</sub>P<sub>2</sub> sebanyak 13% dan persentase terendah pada perlakuan T<sub>1</sub>P<sub>1</sub> dan T<sub>1</sub>P<sub>2</sub> dengan nilai 0%, sedangkan persentase tertinggi kategori sangat tidak suka pada perlakuan T<sub>2</sub>P<sub>3</sub> sebanyak 14% persentase terendah pada perlakuan T<sub>1</sub>P<sub>1</sub> dan T<sub>1</sub>P<sub>2</sub> dengan nilai 0%.



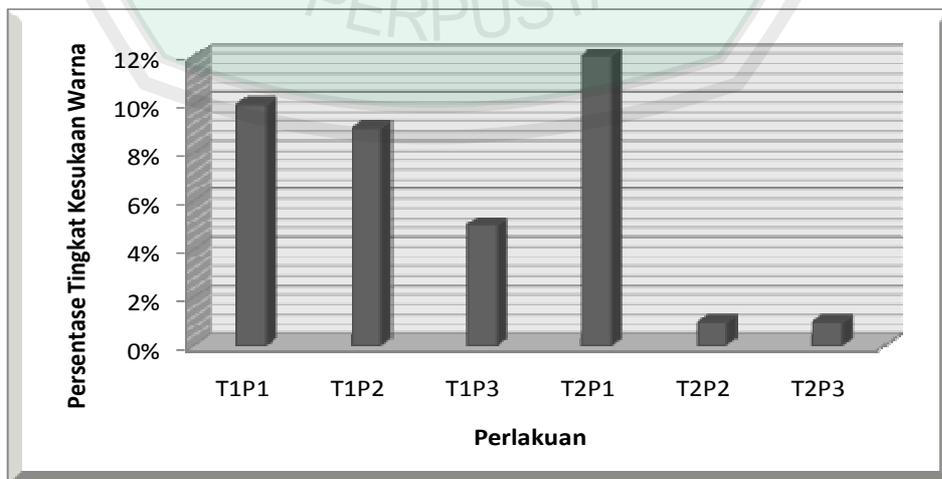
**Gambar 4.4.1. Diagram Batang Persentase Kategori Sangat Suka terhadap Warna Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.)**



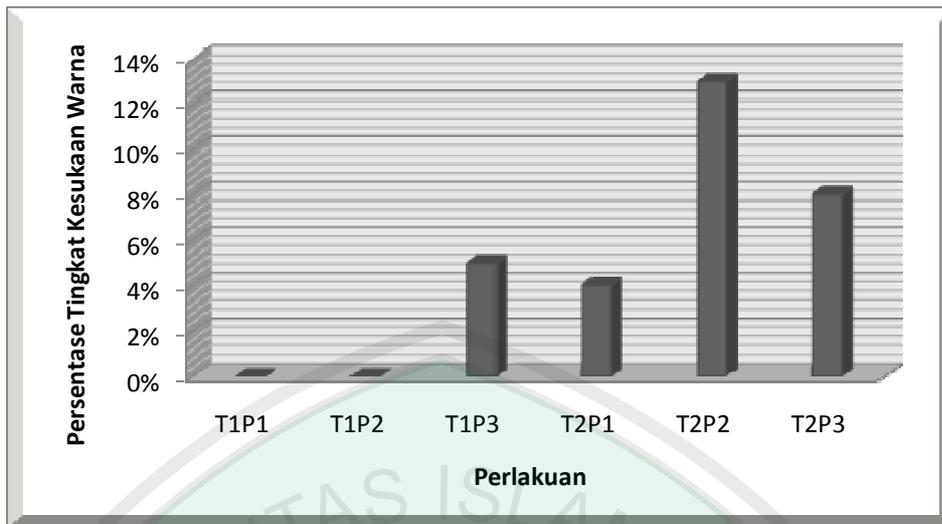
Gambar 4.4.2. Diagram Batang Persentase Kategori Suka terhadap Warna Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.)



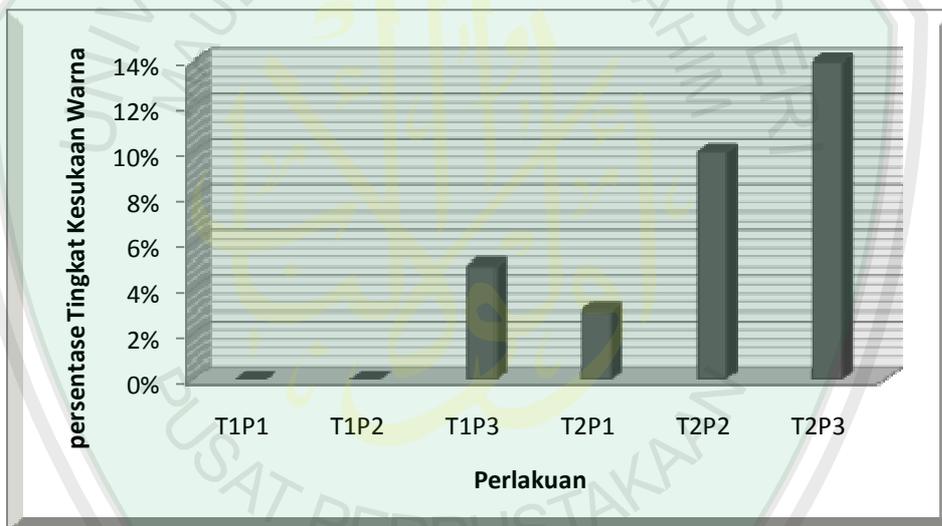
Gambar 4.4.3. Diagram Batang Persentase Kategori Antara Tidak Suka dan Suka terhadap Warna Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.)



Gambar 4.4.4. Diagram Batang Persentase Kategori Suka terhadap Warna Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.)



Gambar 4.4..5. Diagram Batang Persentase Kategori Tidak Suka terhadap Warna Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.)



Gambar 4.4.6. Diagram Batang Persentase Kategori Sangat Tidak Suka terhadap Warna Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.)



(Penyimpanan suhu kamar) (penyimpanan dalam lemari pendingin)  
**Gambar 4.4.7 Buah Jeruk Kejap (*Citrus nobilis* L.)**

Perubahan warna hijau ke kuning dalam buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.) ditandai dengan hilangnya klorofil dan munculnya zat warna karotenoid. Selama masih berwarna hijau, dalam flavedo yang mengandung klorofil masih terjadi sedikit demi sedikit kegiatan fotosintesis, tetapi kegiatan tersebut tidak memberi sumbangan yang berarti terhadap terjadinya penimbunan gula didalam buah. Pengurangan klorofil setelah perubahan warna merupakan hasil bersih. Sintesis klorofil mungkin dapat berlangsung terus sampai beberapa lama dan dapat dipercepat dengan pemberian asam giberelat yang menghasilkan protoklorofil, klorofil a, dan klorofil b (Pantastico, 1973).

Menurut Pantastico (1973), mengatakan bahwa perubahan warna dapat terjadi oleh proses-proses perombakan maupun proses sintetik, atau keduanya. Pada jeruk manis perubahan itu akibat perombakan klorofil dan pembentukan zat warna karotenoid. Penyebab perubahan warna dan penampakan tersebut adalah

akibat kerusakan mekanik pada sel-sel minyak epidermal kulit jeruk atau yang lebih dikenal dengan nama *Oleoselosis*.

Menurut Pantastico (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 sintesis karotenoid dan antosianin. Pada periode lewat matang ditandai dengan terjadinya reduksi karoten. Warna yang dominan pigmen karoten yaitu pigmen karoten (Subramanyam, 1976 dalam Muliaty 2005).

Pada penyimpanan terjadi perubahan warna dimungkinkan aktifitas enzim klorofilase menyebabkan warna hijau pada buah muda menjadi bermacam-macam warna setelah tua (Muliaty, 2005). Menurut Anggrahini dan Hadiwiyoto (1987), semua jenis buah-buahan terjadi perubahan selama penyimpanan walaupun sedikit demi sedikit.

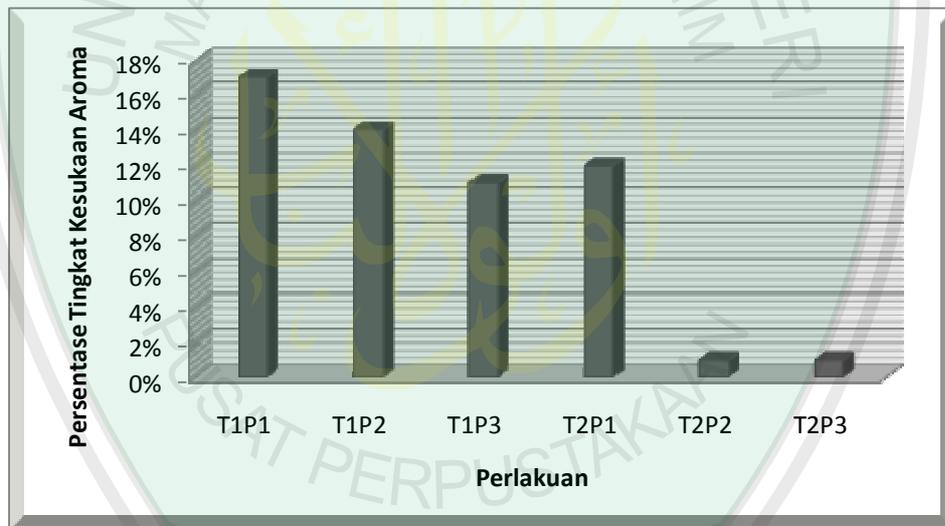
Bahan pangan yang dinilai bergizi, enak dan tekstur sangat baik, tidak akan dimakan apabila memiliki warna yang tidak sedap dipandang karena menyimpang dari warna seharusnya. Warna juga sebagai indikator terhadap tingkat kesegaran (Winarno, 1993).

#### **4.4.2 Organoleptik Aroma**

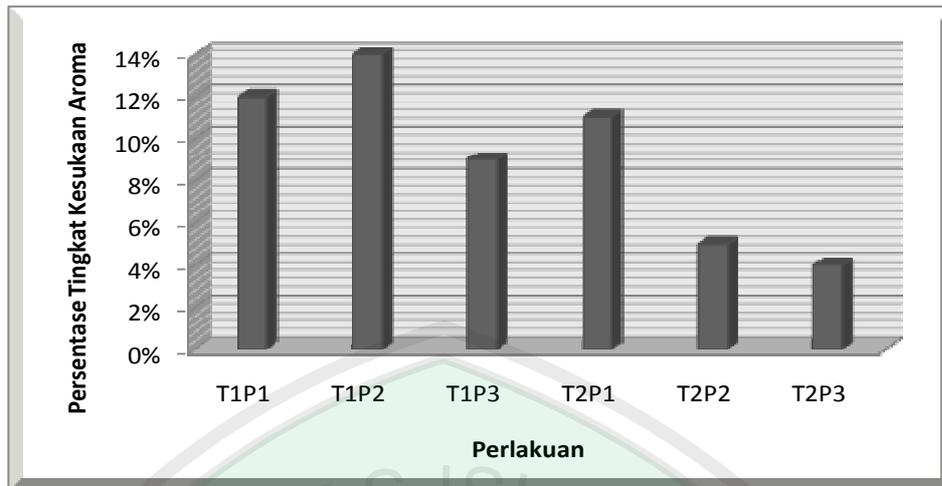
Hasil pengujian tingkat kesukaan 20 panelis pada jeruk dengan suhu penyimpanan 10 °C didapatkan persentase tertinggi kategori sangat suka pada perlakuan T<sub>1</sub>P<sub>1</sub> dengan persentase 17% dan persentase terendah pada perlakuan T<sub>2</sub>P<sub>3</sub> dan T<sub>2</sub>P<sub>2</sub> sebanyak 1%, persentase tertinggi kategori suka pada perlakuan T<sub>1</sub>P<sub>2</sub> sebanyak 14% dan persentase terendah pada perlakuan T<sub>2</sub>P<sub>3</sub> sebanyak 4%,

sedangkan persentase tertinggi kategori tidak suka pada perlakuan T<sub>1</sub>P<sub>3</sub> sebanyak 12% dan persentase terendah pada perlakuan T<sub>2</sub>P<sub>3</sub> sebanyak 2%.

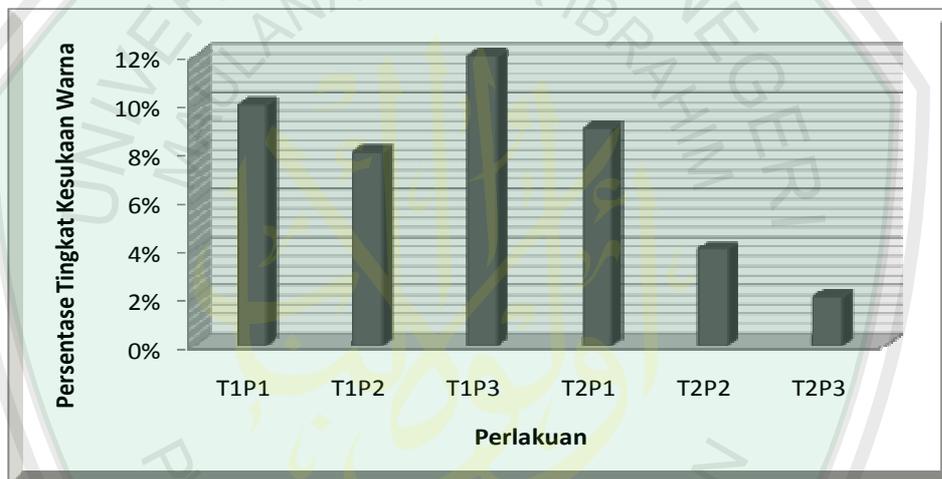
Perlakuan *pre cooling* pada suhu 25 °C tingkat kesukaan 20 panelis adalah sebagai berikut: persentase tertinggi kategori antara tidak suka dan suka pada perlakuan T<sub>2</sub>P<sub>1</sub> sebanyak 14% dan persentase terendah pada perlakuan T<sub>2</sub>P<sub>3</sub> sebanyak 3%, persentase tertinggi kategori tidak suka pada perlakuan T<sub>2</sub>P<sub>3</sub> dengan persentase 12% dan persentase terendah pada perlakuan T<sub>1</sub>P<sub>1</sub> dan T<sub>1</sub>P<sub>2</sub> dengan nilai 0%, sedangkan persentase tertinggi kategori sangat tidak suka pada perlakuan T<sub>2</sub>P<sub>3</sub> sebanyak 13% dan persentase terendah pada perlakuan T<sub>1</sub>P<sub>1</sub> dan T<sub>1</sub>P<sub>2</sub> dengan nilai 0%.



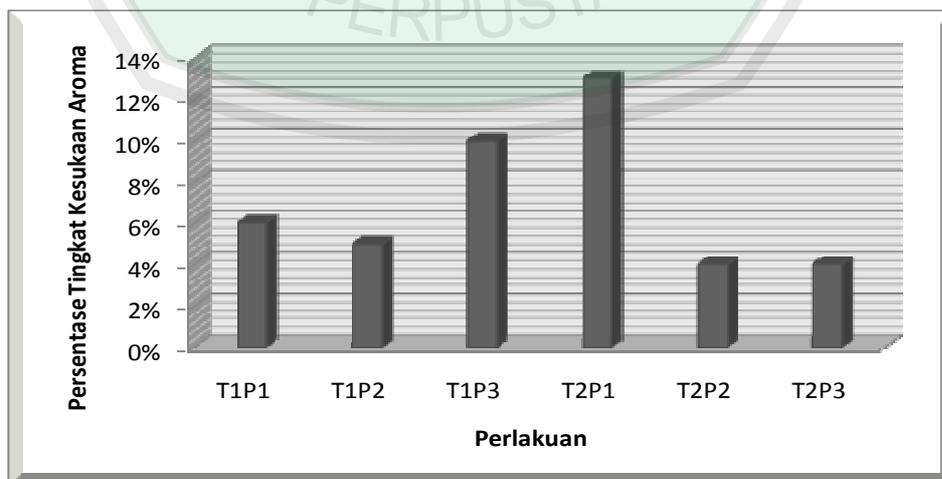
**Gambar 4.4.8. Diagram Batang Persentase Kategori Sangat Suka terhadap Aroma Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.)**



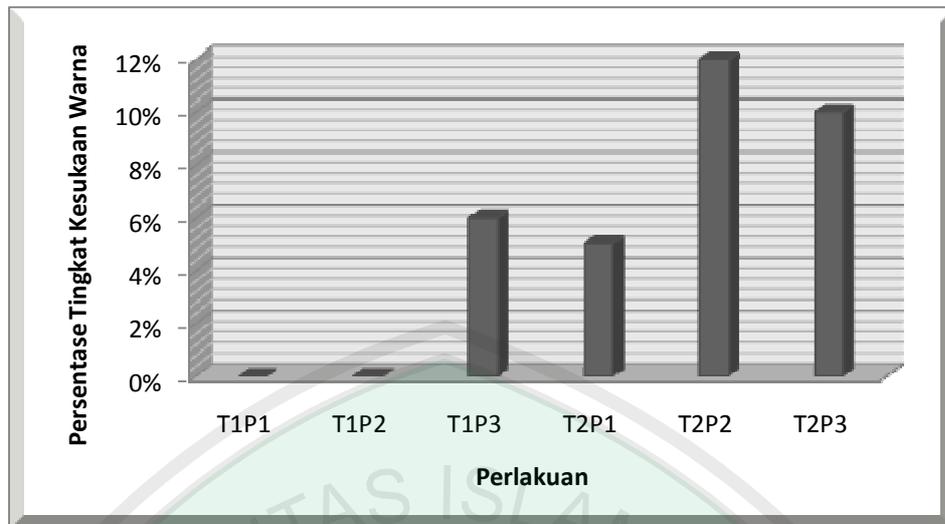
Gambar 4.4.9. Diagram Batang Persentase Kategori Suka terhadap Aroma Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.)



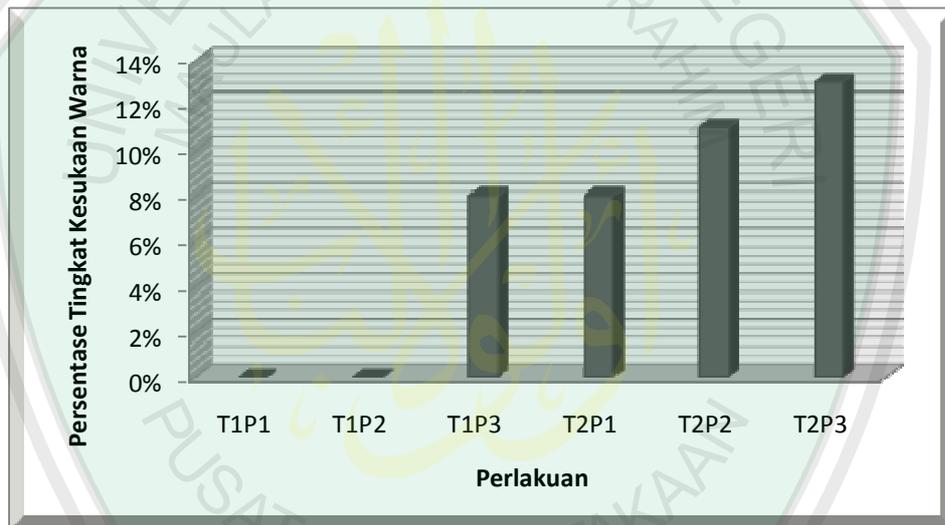
Gambar 4.4.10. Diagram Batang Persentase Kategori Tidak Suka terhadap Aroma Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.)



Gambar 4.4.11. Diagram Batang Persentase Kategori Antara Tidak Suka dan Suka terhadap Aroma Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.)



**Gambar 4.4.12. Diagram Batang Persentase Kategori Tidak Suka terhadap Aroma Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.)**



**Gambar 4.4.13. Diagram Batang Persentase Kategori Sangat Tidak Suka terhadap Aroma Buah Jeruk Keprok (*Citrus nobilis* L.)**

Derajat kemasakan merupakan faktor fisiologi utama yang mempengaruhi produksi zat-zat atsiri, namun komposisi aromanya sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan selama pematangan. Pergantian suhu siang dan malam yang terjadi sehari-hari mempunyai pengaruh besar terhadap volume dan komposisi zat-zat atsiri (Pantastico, 1973).

Aroma yang khas timbul di sekitar buah-buah yang sedang masak. Senyawa-senyawa utama yang ditemukan adalah ester-ester alkohol alifatik dan

asam-asam lemak berantai pendek. Beberapa senyawa terpenoid mungkin merupakan penyebab bau yang dikeluarkan oleh beberapa varietas jeruk (Pantastico, 1973)

Flavor adalah sesuatu yang halus dan rumit yang ditangkap indera, yang merupakan kombinasi rasa (manis, asam, sepet), bau (zat-zat atsiri) dan terasanya pada lidah (meleleh, pedas). Pematangan menyebabkan terjadinya kenaikan zat-zat atsiri yang memberi flavor khas pada buah (Pantastico, 1993).

Aroma dan citarasa mempunyai peranan yang sangat penting bagi penentuan derajat penerimaan dan kualitas bahan. Seseorang yang menghadapi bahan pangan atau makanan yang baru, aroma akan mendapatkan perhatian utama disamping bentuk dan warna (Sultanry dan Berty, 1996 dalam Muliaty, 2005).

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

Ada pengaruh perlakuan *pre cooling* metode *contact icing* dan suhu penyimpanan terhadap kualitas pasca panen buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.). yang meliputi laju respirasi, susut berat, warna, tekstur, dan aroma.

- a. Perlakuan *pre cooling* metode *contact icing* ini dapat menghambat laju respirasi buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L), laju respirasi pada perlakuan tanpa *pre cooling* dan suhu penyimpanan 25 °C (T<sub>2</sub>P<sub>3</sub>) meningkat lebih tinggi.
- b. Susut berat pada perlakuan *pre cooling* lebih kecil dibandingkan susut berat tanpa perlakuan *pre cooling* (T<sub>1</sub>P<sub>3</sub> dan T<sub>2</sub>P<sub>3</sub>) lebih besar.
- c. Tekstur buah jeruk dengan perlakuan *pre cooling* lebih keras dan tekstur buah jeruk tanpa perlakuan *pre cooling* (T<sub>1</sub>P<sub>3</sub> dan T<sub>2</sub>P<sub>3</sub> ) lebih lunak.
- d. Aroma dan warna pada perlakuan *pre cooling* lebih banyak disukai panelis daripada tanpa perlakuan *pre cooling*.

#### 5.2 Saran

1. Perlu penelitian lanjut tentang *pre cooling* dengan metode yang lain.
2. Perlu penelitian lanjut tentang *pre cooling* metode *contact icing* selain pada buah jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.)
3. Perlunya alat *pre cooling* yang praktis untuk menjaga kestabilan suhu dan juga dapat langsung digunakan untuk penyimpanan, sehingga kerusakan akibat adanya perubahan suhu dapat diminimalkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous 2007. *Pengkajian PTT Jeruk Keprok So'e (Jks)*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Nusa Tenggara Timur Jl. Timor raya km.32 kupang <http://ntt.litbang.deptan.go.id>. Di akses pada tanggal 18 Mei 2008.
- Anonymous. 2008 *Optimalisasi Pemanfaatan Lahan Rawa untuk Tanaman Jeruk*. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi [balitklimat@litbang.deptan.go.id](mailto:balitklimat@litbang.deptan.go.id). Di akses pada tanggal 18 Mei 2008.
- Adnan, M. 1988. *Pendinginan dan Pembekuan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Anggrahini, S. dan S, Hadiwiyoto,. 1988. *Perubahan-perubahan Bahan Pangan Sebelum Proses Pematangan dan Sesudah Panen*. Pangan dan Gizi UGM. Yogyakarta
- Arthey, D. 2001. *Fruit Proccesing (Nutritrion, Product, and Quality Mangement)*. Penerbit: Aspen Publishers. Gaithersburg, Maryland, America.
- Tjitrosomo. S. 1984. *Botani Umum 2*. Angkasa. Bandung.
- Dimiyati, A.2007. *Pengembangan Hortikultura*. Makalah Lokakarya, Kontes Buah dan Temu Bisnis Pamelon Nasional2003 dan Strategi Penelitian dan Pengkajian Jeruk di Indonesia. Di akses pada tanggal 18 Mei 2008.
- Darsana, L. 2003. *Pengaruh Saat Panen Dan Suhupenyimpanan Umur Simpan dan Kualitas Mentimun Jepang (Cucumis Sativus L.)*. Agrosains Volume 5 No 1. . Diakses Pada tanggal 5 April 2008.
- Fellows, P. 2000. *Food Processing Technologi*. Penerbit : Woodhead Publishing Limited. Cambridge England.
- Harris, R.S. 1989. *Evaluasi Gizi Pada Pengolahan Bahan Pangan*. Penerbit: Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Hardenburg, R. E. A. E. Warada., dan C. Y. Wang. 1986. *The Commercial Storage of Fruits Vegetables and Florist*. Nursery Stocks. USA.
- Kader. 1992. *Phostharvest Technology of Horticultural Crops*. Publication Division of Agricultural and Natural Resources. University of California.
- Kensington. 2003. *Postharvest Physiology of Fruit and Vegetable*. Penerbit : New South Wales University Press Limited. Australia.

- Heddy, S, Wahono. H. N, dan Metty. K. 1994. *Pengantar Produksi Tanaman dan Penanganan Pasca Panen*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Heyne, K. 1987. *Tumbuhan Berguna Indonesia*. Penerbit : Badan Litbang. Jakarta.
- Ipteknet 2007. Jeruk Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi [balitklimat@litbang.deptan.go.id](mailto:balitklimat@litbang.deptan.go.id). Di akses pada tanggal 11 Mei 2008.
- Lakitan, B. 1995. *Hortikultura : Teori, Budidaya dan Pasca Panen*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Muchtadi, D. 1992. *Fisiologi Pasca Panen Sayuran dan Buah-Buahan*. PAU Pangan dan Gizi. IPB Bogor.
- Hidayat, N. *Pengembangan Produk Dan Teknologi Proses*. www. [http // Blog Pada WordPress. Com](http://BlogPadaWordPress.Com). Diakses Pada tanggal 5 April 2008.
- Ouly V, E. 2001. *Analisis Penyimpanan Alpukat (Persea Americana Mill) Pada suhu rendah (Cold Storage)*. Skripsi. Jurusan Teknik Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya Malang
- Pantastico, ER.B. 1973. *Fisiologi Pasca Panen (Penanganan dan Pemanfaatan Buah-Buahan dan Sayur-sayuran Tropika dan Subtropika)*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sasmitamihardja, D. 1990. *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan*. Penerbit : Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Sastrosupadi, A. 2000. *Rancangan Percobaan Praktis Bidang Pertanian*. Peberbit: Kanisus. Yogyakarta.
- Susanto, T. 1994. *Fisiologi dan Teknologi Pasca Panen*. Penerbit : Akademika. Yogyakarta.
- Susanto, T. 2004. *Dasar-Dasar Ilmu Pangan Dan Gizi*. Penerbit : Akademika. Yogyakarta.
- Sediaoetama, A.D. 2006. *Ilmu Gizi Untuk Mahasiswa Dan Profesi*. Penerbit: Dian Rakyat. Jakarta.
- Shihab, M,Q. 1996. *Wawasan Al-Qur'an*. Penerbit: Mizan. Bandung.
- Soelarso, B. *Budi Daya Jeruk Bebas Penyakit*. Penerbit : Kanisus. Yogyakarta.
- Sumoprastowo. 2004. *Memilih dan Menyimpan Sayur-Mayur, Buah-Buahan, Dan Bahan Makanan*. Penerbit: Bumi Aksara. Jakarta.

- Thahir, M, dkk 2005. *Pola Respirasi Mangga (Mangifera indica) Var Arumanis Selama Penyimpanan Pada Suhu Kamar*. *www.com Sains & Teknologi*, Agustus 2005, Vol 5. No 2: 73-84. Diakses Pada tanggal 5 April 2008.
- Tawali, A. B. 2004. *Pengaruh Suhu Penyimpanan terhadap Mutu Buah-Buahan Impor yang Dipasarkan Di Sulawesi Selatan*. *www.com Sains & Teknologi*, Agustus 2005, Vol 5. No 2: 73-84. Diakses Pada tanggal 5 Agustus 2008.
- Tim Teknik Pertanian. 2006. *PTT Cabai*. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. [http://www.Balista.or.id/ptt\\_cabai.html](http://www.Balista.or.id/ptt_cabai.html). Di akses pada tanggal 18 Mei 2008.
- Triharso. 2004. *Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman*. Penerbit: Gajah Mada University. Yogyakarta.
- Vidy, R. 2005. *Hydrooling Buah Mangga Manalagi (Mangifera indica L.) dalam Upaya Memperpanjang Umur Penyimpanan Dingin*. Skripsi. Jurusan Teknik Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya Malang.
- Widianarko, B, dkk. 2004. *Tips Pangan : Teknologi, Nutrisi, Dan Keamanan Pangan*. Penerbit : PT Gramedia Widiasarana Indonesia. Jakarta.
- Wiley, John, dkk. 1986. *Vegetable Diseases And Their Control*. Penerbit : A Wiley-Interscience Publication. New york.
- Winata, H, .2006. *Pengaruh Penggunaan Metode Pre cooling Pada Proses Pasca Panen Cabai (Capsicum annum L.) Untuk Memperpanjang Umur Simpan*. Skripsi. Jurusan Teknik Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya Malang.

## Lampiran 1. Data Hasil Penelitian

Tabel 1. Data Hasil Laju Respirasi

Mean Treatment	Sub Treatment	Hasil Laju Respirasi	
Suhu Penyimpanan	Pre cooling	I	II
T (1)	P (1)	137.161	130.131
		102.874	148.363
		138.741	117.793
		125.499	120.405
		137.554	140.944
		148.609	135.048
	P (2)	114.575	110.372
		131.686	120.965
		120.631	123.75
		134.221	135.564
		136.481	131.424
		145.858	147.779
	P (3)	170.283	173.964
		174.144	175.258
		177.246	177.213
		179.331	178.447
		180.587	180.667
		185.588	187.59
T (2)	P (1)	147.119	146.755
		148.755	147.563
		149.868	149.581
		150.996	151.439
		155.705	157.558
		158.075	159.412
	P (2)	160.723	160.986
		165.897	167.485
		167.995	168.546
		170.441	175.771
		183.828	186.316
		190.772	195.221
	P (3)	199.772	198.458
		220.637	210.496
		215.775	227.963
		220.889	225.115
		230.889	227.689
		260.668	252.556

Tabel 2. Data Hasil Tekstur

Mean Treatment	Sub Treatment	Tekstur	
Suhu Penyimpanan	Pre cooling	I	II
T (1)	P (1)	0.0218	0.0215
		0.0117	0.023
		0.0243	0.0305
		0.0318	0.0282
		0.0471	0.045
		0.0282	0.0276
	P (2)	0.0228	0.0351
		0.0282	0.024
		0.038	0.0369
		0.0189	0.0429
		0.0318	0.0282
		0.0338	0.0191
	P (3)	0.0332	0.0332
		0.0221	0.0243
		0.0282	0.0647
		0.0328	0.0647
		0.0224	0.0364
		0.0282	0.0191
T (2)	P (1)	0.0915	0.0267
		0.0383	0.0351
		0.0299	0.0282
		0.0367	0.0295
		0.0253	0.0364
		0.026	0.0338
	P (2)	0.0302	0.0172
		0.0263	0.026
		0.0286	0.025
		0.0341	0.0227
		0.0334	0.0234
		0.0305	0.0351
	P (3)	0.0186	0.0224
		0.0279	0.0318
		0.0334	0.0292
		0.0588	0.0484
		0.0243	0.0269
		0.0321	0.0302

Tabel 3. Data Hasil Susut Berat

Mean Treatment	Sub Treatment	Susut Berat	
Suhu Penyimpanan	Pre cooling	I	II
T (1)	P (1)	0	0
		1.5	1.2
		1.3	1.7
		2	2.2
		3	3.1
		3.5	3.3
	P (2)	0	0
		3.1	3
		2.5	2.7
		3.3	3.1
		3.2	3.1
		3.1	3.5
	P (3)	0	0
		4.4	4.3
		4.7	4.5
		5.2	5.3
		5.5	5.7
		6	6.2
T (2)	P (1)	0	0
		3.5	3.1
		3.5	3.6
		3.4	3.6
		4	4.4
		4.9	4.8
	P (2)	0	0
		4	4.1
		4.3	4.4
		5	5.3
		5.1	5.2
		6	6.1
	P (3)	0	0
		6.6	6.7
		6.8	6.9
		7	7.2
		8.6	8.2
		9.1	9.5

## Lampiran 2. Persentase Uji Organoleptik

### 1. Uji organoleptik warna

$$1. \frac{90}{100} \times 20 = 18\%$$

$$2. \frac{75}{100} \times 20 = 15\%$$

$$3. \frac{50}{100} \times 20 = 10\%$$

$$4. \frac{60}{100} \times 20 = 12\%$$

$$5. \frac{40}{100} \times 20 = 8\%$$

$$6. \frac{30}{100} \times 20 = 6\%$$

### 2. Uji organoleptik aroma

$$1. \frac{85}{100} \times 20 = 17\%$$

$$2. \frac{60}{100} \times 20 = 12\%$$

$$3. \frac{20}{100} \times 20 = 4\%$$

$$4. \frac{70}{100} \times 20 = 14\%$$

$$5. \frac{50}{100} \times 20 = 10\%$$

$$6. \frac{30}{100} \times 20 = 6\%$$

### Lampiran 3. Analisis Data

**Tabel 1. hasil percobaan yang disusun ke dalam daftar tiga arah**

Mean Treatment (Suhu Penyimpanan)	Sub Treatment ( <i>Pre cooling</i> )	Hasil Laju Respirasi		Total	Rata-rata
		I	II		
T <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	131,74	132,12	263,86	131,93
		130,31	128,31	258,88	129,44
		177,86	178,865	356,72	178,36
Σ T <sub>1</sub>		440,17	439,29	879,46	
T <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	151,75	152,05	303,8	151,9
		173,77	175,72	349	174,5
		224,77	223,71	448,48	224,24
Σ T <sub>2</sub>		549,8	551,48	1101,28	
Total		989,97	990,77	1980,3	

Menghitung JK :

$$FK = \frac{(1980,3)^2}{12}$$

$$= 326601$$

$$Jk \text{ Ulangan} = \frac{(989,97)^2 + (989,77)^2}{6} - FK$$

$$= 327621,7 - 326601$$

$$= 1020,7$$

Untuk menghitung JK Petak Utama (JK Suhu Penyimpanan) dan JK Galat (a) perlu dibuat daftar dua arah antara ulangan dan petak utama.

**Tabel 2. interaksi antara ulangan dan petak utama**

Mean Treatment (Suhu Penyimpanan)	Ulangan		Jumlah
	I	II	
T <sub>1</sub>	440,17	439,29	879,46
T <sub>2</sub>	549,8	551,48	1101,28
Jumlah	989,97	990,77	1980,74

$$JK \text{ Main Plot total} = \frac{(440,17)^2 + (439,29)^2 + (549,8)^2 + (551,48)^2}{6} - FK$$

2

$$= 496567,8 - 326601$$

$$= 169966,8$$

$$\text{JK Suhu Penyimpanan} = \frac{(879,46)^2 + (1101,28)^2}{6} - \text{FK}$$

6

$$= 4443,6$$

$$\text{JK Galat (a)} = \text{JK PU Total} - \text{JK Ulangan} - \text{JK Suhu Penyimpanan}$$

$$= 169966,8 - 1020,7 - 4443,6$$

$$= 164502,5$$

Untuk menghitung JK P dan JK Interaksi TP maka perlu dibuat daftar dua arah antara *Pre Cooling* dan Pengolahan tanah:

**Tabel 3. interaksi antara *pre cooling* dan suhu penyimpanan**

Suhu Penyimpanan	<i>Pre Cooling</i>			Jumlah
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	
T <sub>1</sub>	263,86	258,88	356,72	879,46
T <sub>2</sub>	303,8	349	448,48	1101,28
Jumlah	567,66	607,88	805,2	1980,74

$$\text{JK P} = \frac{(567,66)^2 + (607,88)^2 + (805,2)^2}{6}$$

6

$$= 335025,8 - 326601$$

$$= 12958,8$$

$$\text{JK Perlakuan Kombinasi} = \frac{(263,86)^2 + (258,88)^2 + (303,8)^2 + \dots + (448,48)^2}{2} - \text{FK}$$

2

$$= 339559,9 - 326601$$

$$= 12958,9$$

$$JK TP = JK Perlakuan Kombinasi - (JK P + JK T)$$

$$= 12958,9 - (4443,6 + 8424,8)$$

$$= 94,5$$

$$JK Total Percobaan = (131,74) + (132,3) + \dots(223,71) - FK$$

$$= 33956,37 - 326601$$

$$= 12964,37$$

$$JK Galat Total (b) = 33956,37 - (1020,7 + 169966,8 + 164502,5 + 8424,8 + 44,5)$$

$$= 339569,73 - 335959,3$$

$$= 361$$

**Tabel 4. Analisis variansi**

SK	db	JK	KT	F <sub>hitung</sub>	F <sub>5%</sub>
1. Ulangan	1	1020,7	1020,7	63,79**	1,61
2. Petak Utama (Suhu Penyimpanan)	1	129	129	8,0625**	1,61
3. galat (a)	1	16	16		
4. anak petak (p)	2	8424,8	4212,4	936,08**	4,46
5. tXp	4	5994,5	248,625	55,25**	3,84
6. galat (b)	8	36	4,5		
Jumlah	17	1062,1	5631,225		

Untuk Mencari Kombinasi suhu penyimpanan dengan *pre cooling* yang terbaik :

$$BNT_{0,05} = t_{ab} \sqrt{\frac{2 [(b-1)] KT G (b) + KT G (a)}{r \times b}}$$

$$r \times b$$

Karena di sini kita mempunyai dua galat yaitu (a) dan galat (b), maka  $t_{ab}$  diperoleh dengan t tertimbang dari  $t_a$  dan  $t_b$  :

$$t_{ab} = \frac{\{b-1\} \text{KTG}(b) \{t_b\} + \{\text{KTG}(a)\} \{t_a\}}{\{b-1\} \{\text{KTG}(b)\} + \{\text{KTG}(a)\}}$$

$$t_a = 0,05 (1) = 12,706$$

$$t_b = 0,05 (8) = 2,306$$

$$t_{ab} = \frac{(4,5 \times 2,306) + (16 \times 12,706)}{4,5 \times 16}$$

$$= \frac{10,377 + 203,296}{20,5}$$

$$= 10,42$$

$$\text{BNT}_{0,05} = 10,42 \sqrt{\frac{2(1)(4,5)(16)}{6}}$$

$$= 10,42 \times 3,47$$

$$= 36,1$$

**Tabel 4. Interaksi *pre cooling* dan suhu penyimpanan**

Kombinasi Perlakuan	Rata-rata	Notasi
T <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	129,44	a
T <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	131,93	a
T <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	151,9	a
T <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	174,5	b
T <sub>1</sub> P <sub>3</sub>	178,36	b
T <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	224,24	c
BNT 0,05%	0,05	

- T<sub>1</sub>P<sub>2</sub> tidak berbeda nyata dengan dengan T<sub>1</sub>P<sub>1</sub> dan T<sub>2</sub>P<sub>1</sub> tetapi berbeda nyata dengan T<sub>2</sub>P<sub>2</sub>, T<sub>1</sub>P<sub>3</sub> dan T<sub>2</sub>P<sub>3</sub>.
- T<sub>2</sub>P<sub>2</sub> tidak berbeda nyata T<sub>1</sub>P<sub>3</sub> tetapi berbeda nyata dengan T<sub>1</sub>P<sub>2</sub>, T<sub>1</sub>P<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>P<sub>1</sub>, dan T<sub>2</sub>P<sub>3</sub>.
- T<sub>2</sub>P<sub>3</sub> berbeda nyata dengan T<sub>1</sub>P<sub>2</sub>, T<sub>1</sub>P<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>P<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>P<sub>2</sub>, dan T<sub>1</sub>P<sub>3</sub>

**Tabel 6. hasil percobaan yang disusun ke dalam daftar tiga arah**

Main treatment (Suhu Penyimpanan)	Sub treatment ( <i>Pre cooling</i> )	Hasil Susut Berat		Total	Rata-rata
		I	II		
T <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	2,25	2,30	4,55	2,28
	P <sub>2</sub>	3,04	3,08	6,12	3,08
	P <sub>3</sub>	5,16	5,2	10,36	5,18
Σ T <sub>1</sub>		10,45	10,58	21,03	
T <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	3,86	3,9	7,76	3,88
	P <sub>2</sub>	4,88	5,02	9,99	4,99
	P <sub>3</sub>	7,62	7,7	15,32	7,66
Σ T <sub>2</sub>		16,36	16,62	33,07	
Total		26,81	16,62	54,1	

Menghitung JK:

$$FK = \frac{(54,1)^2}{12}$$

$$= 243,1$$

$$JK \text{ Ulangan} = \frac{(26,81)^2 + (27,2)^2}{6} - 243,1$$

$$= 8,193$$

Untuk menghitung JK Petak Utama (JK Suhu Penyimpanan) dan JK Galat

(a) perlu dibuat daftar dua arah antara ulangan dan petak utama.

**Tabel 7. interaksi antara ulangan dan petak utama**

Suhu Penyimpanan	Ulangan		Jumlah
	I	II	
T <sub>1</sub>	10,45	10,58	21,03
T <sub>2</sub>	16,36	16,62	32,98
Jumlah	26,81	27,2	54,01

$$JK \text{ main plot total} = \frac{(10,45)^2 + (10,58)^2 + (16,36)^2 + (16,62)^2}{2} - 243,91$$

$$(JK \text{ PU total}) = 58,36$$

$$\text{JK Suhu Penyimpanan} = \frac{(21,03)^2 + (32,98)^2}{2 \times 3} - 243,91$$

$$= 11,102$$

$$\text{JK Galat (a)} = \text{JK PU Total} - \text{JK Ulangan} - \text{KU Suhu Penyimpanan}$$

$$= 58,436 - 38,193 - 11,141$$

$$= 2,525$$

Untuk menghitung JK P dan JK Interaksi TP maka perlu dibuat daftar dua arah antara *Pre Cooling* dan Pengolahan tanah:

**Tabel 8. interaksi antara *pre cooling* dan suhu penyimpanan**

Suhu Penyimpanan	<i>Pre Cooling</i>			Jumlah
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	
T <sub>1</sub>	4,55	6,12	10,36	21,03
T <sub>2</sub>	7,76	9,99	15,32	33,07
Jumlah	12,31	13,11	25,68	54,1

$$\text{JK P} = \frac{(12,31)^2 + (13,11)^2 + (25,68)^2}{6} - 243,91$$

$$= 194,6$$

$$\text{JK Perlakuan Kombinasi} = \frac{(4,55)^2 + (6,12)^2 + (10,36)^2 + (7,76)^2 + (9,99)^2 + (15,32)^2}{2} - 243,91$$

$$= 36,19$$

$$\text{JK TP} = \text{JK Perlakuan Kombinasi} - (\text{JK T} + \text{JKP})$$

$$= 36,10 - 13,302$$

$$= 35,3$$

$$\text{JK Total Percobaan} = (2,25)^2 + (2,30)^2 + (3,04)^2 - \text{FK}$$

$$= 35,3$$

$$\text{JK Galat (b)} = \text{JK Total Percobaan} - (\text{JK Ulangan} + \text{JK PU} + \text{JK Galat (a)} + \text{JK P} + \text{JK TP})$$

$$= 279,2 - 83,6$$

$$= 164$$

**Tabel 9. Analisis variansi**

SK	db	JK	KT	F <sub>hitung</sub>	F <sub>5%</sub>
1. Ulangan	1	8,193	8,193	3,24 **	1,61
2. Petak Utama (Suhu Penyimpanan T)	1	11,102	11,102	4,39**	1,61
3. Galat (a)	1	2,525	2,525		
4. Anak Petak (P)	2	194,6	97,3	4,74**	4,46
5. T x P					
6. Galat (b)	4	35,3	85,5	4,17**	3,48
	8	164	20,5		
Total	17	415,527			

Untuk Mencari Kombinasi suhu penyimpanan dengan *pre cooling* yang terbaik :

$$BNT_{0,05} = t_{ab} \sqrt{\frac{2 [(b-1)] KT G (b) + KT G (a)}{r \times b}}$$

Karena di sini kita mempunyai dua galat yaitu (a) dan galat (b), maka  $t_{ab}$  diperoleh dengan t tertimbang dari  $t_a$  dan  $t_b$  :

$$t_{ab} = \frac{\{b-1\} KT G (b) \{t_b\} + \{KT G (a)\} \{t_a\}}{\{b-1\} \{KTG (b)\} + \{KTG (a)\}}$$

$$t_a = t_{0,05} (1) = 12,706$$

$$t_b = t_{0,05} (8) = 2,306$$

$$t_{ab} = \frac{(2,525) (20,5) + (2,525) + (12,706)}{(20,5) + 2,525}$$

$$= 2,90$$

$$BNT_{0,05} = t_{ab} \sqrt{\frac{2 (1-1) (20,5) + 2,525}{2 \times 3}}$$

$$= 2,90 \sqrt{\frac{23,025}{6}}$$

$$= 2,90 - 1,95$$

$$= 5,65$$

**Tabel 10. Interaksi *pre cooling* dan suhu penyimpanan**

Kombinasi Perlakuan	Rata-rata	Notasi
T <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	2,28	a
T <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	3,06	a
T <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	3,38	a
T <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	5,18	a
T <sub>1</sub> P <sub>3</sub>	5,18	a
T <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	7,66	a
BNT 0,05	0,05	

**Tabel 11. hasil percobaan yang disusun ke dalam daftar tiga arah**

Main treatment (Suhu Penyimpanan)	Sub treatment ( <i>Pre cooling</i> )	Hasil Tekstur		Total	Rata-rata
		I	II		
T <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	0,67	0,68	1,35	0,68
	P <sub>2</sub>	0,88	0,89	1,77	0,89
	P <sub>3</sub>	0,90	0,99	1,89	0,95
Σ T <sub>1</sub>		2,45	2,57		
T <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	1,36	1,37	2,73	1,37
	P <sub>2</sub>	2,03	2,09	4,12	2,06
	P <sub>3</sub>	3,33	3,35	6,68	3,34
Σ T <sub>2</sub>		6,72	6,81	13,53	
Total		9,17	9,38	18,5	

Menghitung JK :

$$FK = \frac{(18,5)^2}{12} = 28,5$$

$$JK \text{ Ulangan} = \frac{(9,17)^2 + (9,38)^2}{6} - 28,5 = 0,2$$

Untuk menghitung JK Petak Utama (JK Suhu Penyimpanan) dan JK Galat (a) perlu dibuat daftar dua arah antara ulangan dan petak utama.

**Tabel 12. interaksi antara ulangan dan petak utama**

Suhu Penyimpanan	Ulangan		Jumlah
	I	II	
T <sub>1</sub>	2,45	2,57	5,02
T <sub>2</sub>	6,72	6,81	13,53
Jumlah	9,17	9,38	18,55

$$JK \text{ main plot total} = \frac{2,45^2 + (2,5)^2 + (6,72)^2 + (6,81)^2}{2} - 28,5$$

(JK PU total)

$$= 6,25$$

$$\text{JK Suhu Penyimpanan} = \frac{(5,02)^2 + (13,53)^2}{2 \times 3} - 28,5$$

$$= 6,22$$

$$\text{JK Galat (a)} = \text{JK PU Total} - \text{JK Ulangan} - \text{KU Suhu Penyimpanan}$$

$$= 6,25 - 6,22 - 0,02$$

$$= 0,02$$

Untuk menghitung JK P da JK Interaksi TP maka perlu dibuat daftar dua arah antara *Pre Cooling* dan Pengolahan tanah:

**Tabel 13. interaksi antara *pre cooling* dan suhu penyimpanan**

Suhu Penyimpanan	<i>Pre Cooling</i>			Jumlah
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	
T <sub>1</sub>	1,35	1,77	1,89	5,01
T <sub>2</sub>	2,73	4,12	6,68	13,53
Jumlah	4,08	5,89	8,57	18,54

$$\text{JK P} = \frac{(4,08)^2 + (5,89)^2 + (8,57)^2}{6} - 28,5$$

$$= 2,7$$

$$\text{JK Perlakuan Kombinasi} = \frac{(1,35)^2 + (1,77)^2 + (6,68)^2 + (4,12)^2}{2} - 28,5$$

$$= 10,3$$

$$\text{JK TP} = \text{JK Perlakuan Kombinasi} - (\text{JK T} + \text{JKP})$$

$$= 10,3 - 2,7 - 6,22$$

$$= 1,38$$

$$\text{JK Total Percobaan} = 39,5 - 28,5$$

$$= 10,85$$

$$JK \text{ Galat (b)} = JK \text{ Total Percobaan} - (JK \text{ Ulangan} + JK \text{ PU} + JK \text{ Galat (a)} + JK \\ P + JK \text{ TP}) \\ = 0,06$$

**Tabel 14. Analisis variansi**

SK	db	JK	KT	F <sub>hitung</sub>	F <sub>5%</sub>
7.Ulangan	1	31,2	31,2	1560	1,61
8.Petak Utama (Suhu Penyimpanan T)	1	6,22	6,22	311	1,61
9.Galat (a)	1	0,02	0,02		
10. Anak Petak	2	2,7	1,35	180	4,46
(P)	4	1,38	0,345	46	3,48
11. T x P	8	0,06	0,0075		
12. Galat (b)					
Total	17	41,58			

Untuk Mencari Kombinasi suhu penyimpanan dengan *pre cooling* yang terbaik :

$$BNT_{0,05} = t_{ab} \sqrt{\frac{2 [(b-1)] KT G (b) + KT G (a)}{r \times b}}$$

Karena di sini kita mempunyai dua galat yaitu (a) dan galat (b), maka  $t_{ab}$  diperoleh dengan t tertimbang dari  $t_a$  dan  $t_b$  :

$$t_{ab} = \frac{\{b-1\} KT G (b) \{t_b\} + \{KT G (a)\} \{t_a\}}{\{b-1\} \{KTG (b)\} + \{KTG (a)\}}$$

$$t_a = t_{0,05} (1) = 12,706$$

$$t_b = t_{0,05} (8) = 2,306$$

$$t_{ab} = \frac{(0,02) (0,0075) + (0,02) + (12,706)}{}$$

$$0,0275$$

$$= 9,25$$

$$\text{BNT}_{0,05} = \text{tab} \sqrt{\frac{2(1-1)(0,0075) + 0,002}{2 \times 3}}$$

$$2 \times 3$$

$$= 2,90 \sqrt{\frac{0,0275}{6}}$$

$$= 9,25 \times 0,068$$

$$= 0,629$$

**Tabel 15. Interaksi *pre cooling* dan suhu penyimpanan**

Kombinasi Perlakuan	Rata-rata	Notasi
T <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	0,68	a
T <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	0,89	a
T <sub>1</sub> P <sub>3</sub>	0,95	a
T <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	1,37	a
T <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	2,06	b
T <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	3,34	b
BNT 0,05	0,05	

T<sub>1</sub>P<sub>1</sub> tidak berbeda nyata dengan T<sub>1</sub>P<sub>2</sub>, T<sub>1</sub>P<sub>3</sub>, T<sub>2</sub>P<sub>1</sub> tetapi berbeda nyata dengan T<sub>2</sub>P<sub>2</sub>, T<sub>2</sub>P<sub>3</sub>

**Lampiran 4. Gambar Foto Penelitian**



**Gambar1. CO<sub>2</sub> Analyzer**



**Gambar 2. Penetrometer**



**Gambar3. Timbangan Analitik**



**Gambar 4. Buah Jeruk Kepek**



**Gambar 5. Cool Storage**



**Gambar 6. Penyimpanan Suhu Kamar**



**Gambar 7. Box Storage Tampak Samping**



**Gambar 8. Box Storage Tampak Atas**