

**LAPORAN PENELITIAN MADYA  
BIDANG ILMU**



**PENANGANAN PASCA PANEN  
CAISIN (*Brassica campestris*) DAN  
PAK CHOI (*Brassica rapa*) DENGAN PENGATURAN  
SUHU RANTAI DINGIN (*COLD CHAIN*)**

**Oleh:**

**Ir. Anang Suhardianto, M.Si.  
M. Khamsi Purnama, S.T.P.**

**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN  
JURUSAN BIOLOGI - FMIPA  
UNIVERSITAS TERBUKA  
2011**

**PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITAS TERBUKA**

**LEMBAR PENGESAHAN  
LAPORAN PENELITIAN MADYA BIDANG ILMU  
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
UNIVERSITAS TERBUKA**

1. a. Judul Penelitian : Penanganan Pasca Panen Caisin (*Brassica Campestris*) dan Pak Choi (*Brassica Rapa*) dengan Pengaturan Suhu Rantai Dingin (*Cold Chain*)  
b. Bidang Penelitian : Keilmuan  
c. Klasifikasi Penelitian : Pangan
2. Ketua Peneliti  
a. Nama Lengkap : Ir. Anang Suhardianto, M.Si.  
b. NIP : 19600618 198703 1 001  
c. Golongan / Pangkat : III/c / Penata  
d. Jabatan Akademik : Lektor  
e. Fakultas : MIPA  
f. Program Studi : Ilmu dan Teknologi Pangan
3. Tenaga Teknisi  
a. Nama : M. Khamsi Purnama, S.T.P.  
b. Keahlian : Penanganan Pasca Panen Pangan
4. a. Periode Penelitian : April – Oktober 2010  
b. Lama Penelitian : 7 bulan
5. Biaya Penelitian : Rp 20.000.000,- (Dua puluh juta rupiah)
6. Sumber Biaya : Universitas Terbuka
7. Pemanfaatan : Artikel ilmiah, pengabdian masyarakat, seminar, dan perbaikan bahan ajar

Jakarta, 14 Juni 2011

Ketua Peneliti,

  
Ir. Anang Suhardianto, M.Si.  
NIP 19600618 198703 1 001

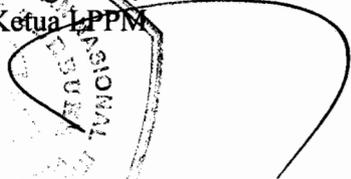
Menyetujui,  
Kepala Pusat Penelitian

  
Dra. Endang Nugraheni, M.Ed, M.Si.  
NIP 19570422 198605 2 001

Mengetahui:  
Dekan Fakultas MIPA-UT

  
Dr. Nuraini Soleiman, M.Ed.  
NIP 19540730 198601 2 001

Mengetahui,  
Ketua LPPM

  
Drs. Agus Joko Purwanto, M.Si.  
NIP 19660508 199203 1 003

## DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
ABSTRAK.....	ix
RINGKASAN.....	x
PENDAHULUAN	
Latar Belakang .....	1
Perumusan Masalah .....	3
Tujuan .....	4
Manfaat .....	4
TINJAUAN PUSTAKA	
Karakteristik Caisin dan Pak Choi .....	5
Pemanenan Caisin dan Pak Choi .....	9
Proses Fisiologi Lepas Panen Sayuran .....	11
Rantai Dingin ( <i>Cold Chain</i> ) .....	12
Hasil Penelitian Perlakuan Suhu Sebelumnya .....	16
METODOLOGI	
Tempat dan Waktu Penelitian .....	20
Bahan dan Alat .....	20
Prosedur Penelitian .....	20
Rancangan Percobaan .....	21
Pengamatan dan Pengukuran .....	22
HASIL DAN PEMBAHASAN	
Hasil Analisis terhadap Perubahan Bobot.....	24
Hasil Analisis terhadap Perubahan Kekerasan.....	33
Hasil Analisis terhadap Perubahan Warna.....	37
Hasil Analisis terhadap Perubahan Organoleptik.....	44
SIMPULAN DAN SARAN	
Simpulan .....	47
Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA .....	50
LAMPIRAN .....	53

## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
1	Kandungan zat gizi Caisin dan Pak Choi tiap 100 g bahan....	9

## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
1.	Caisin ( <i>Brassica campestris</i> ).....	5
2.	Pak Choi ( <i>Brassica rapa</i> ).....	6
3.	Rata-rata perubahan bobot Caisin mulai pengemasan hingga sampai ke tempat pengiriman.....	25
4.	Rata-rata perubahan bobot Pak Choi mulai pengemasan hingga sampai ke tempat pengiriman.....	27
5.	Rata-rata perubahan bobot Caisin mulai pengemasan hingga masa penyimpanan.....	29
6.	Rata-rata perubahan bobot Pak Choi mulai pengemasan hingga masa penyimpanan.....	30
7.	Rata-rata perubahan bobot Caisin selama masa penyimpanan	31
8.	Rata-rata perubahan bobot Caisin untuk perlakuan awal selama masa penyimpanan.....	31
9.	Rata-rata perubahan bobot Pak Choi selama masa penyimpanan.....	32
10.	Rata-rata perubahan bobot Pak Choi selama masa penyimpanan berdasarkan perlakuan awalnya.....	33
11.	Rata-rata kekerasan Caisin ketika sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan.....	34
12.	Rata-rata kekerasan Caisin ketika sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan berdasarkan perlakuan awalnya.....	34
13.	Rata-rata perubahan kekerasan Caisin mulai dari ketika sampai di tempat pengiriman hingga setelah masa penyimpanan.....	35
14.	Rata-rata kekerasan Pak Choi ketika sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan.....	36
15.	Rata-rata kekerasan Caisin ketika sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan berdasarkan perlakuan awalnya.....	36
16.	Rata-rata perubahan kekerasan Pak Choi mulai dari ketika sampai di tempat pengiriman hingga setelah masa penyimpanan.....	37
17.	Rata-rata nilai L Caisin ketika sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan.....	38

## DAFTAR GAMBAR (LANJUTAN)

18.	Rata-rata nilai a Caisin ketika sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan.....	39
19.	Rata-rata nilai b Caisin ketika sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan.....	39
20.	Warna Caisin ketika sampai di tempat pengiriman (a) dan setelah masa penyimpanan (b).....	40
21.	Rata-rata nilai L Pak Choi ketika sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan.....	41
22.	Rata-rata nilai a Pak Choi ketika sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan.....	42
23.	Rata-rata nilai b Pak Choi ketika sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan.....	43
24.	Warna Pak Choi ketika sampai di tempat pengiriman (a) dan setelah masa penyimpanan (b).....	43
25.	Rata-rata 'nilai organoleptik secara umum' untuk Caisin ketika sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan.....	45
26.	Rata-rata 'nilai organoleptik secara umum' untuk Pak Choi ketika sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan.....	45

## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
1.	Hasil analisis ANOVA terhadap persentase perubahan bobot Caisin mulai pengemasan hingga sampai ke tempat pengiriman.....	53
2.	Hasil analisis ANOVA terhadap persentase perubahan bobot Pak Choi mulai pengemasan hingga sampai ke tempat pengiriman.....	54
3.	Hasil analisis ANOVA terhadap persentase perubahan bobot Caisimmulai pengemasan hingga masa penyimpanan.....	55
4.	Hasil analisis ANOVA terhadap persentase perubahan bobot Pak Choi mulai dari saat sampai di tempat pengiriman hingga masa penyimpanan.....	56
5.	Hasil analisis ANOVA terhadap persentase perubahan bobot Caisin selama masa penyimpanan.....	57
6.	Hasil analisis ANOVA terhadap persentase perubahan bobot Pak Choi selama masa penyimpanan.....	58
7.	Hasil analisis ANOVA terhadap kekerasan Caisin ketika sampai di tempat pengiriman.....	59
8.	Hasil analisis ANOVA terhadap kekerasan Pak Choi ketika sampai di tempat pengiriman.....	60
9.	Hasil analisis ANOVA terhadap kekerasan Caisin setelah masa penyimpanan.....	61
10.	Hasil analisis ANOVA terhadap kekerasan Pak Choi setelah masa penyimpanan.....	62
11.	Hasil analisis ANOVA terhadap nilai kecerahan (L) Caisin ketika sampai di tempat pengiriman.....	63
12.	Hasil analisis ANOVA terhadap nilai warna kromatik campuran merah – hijau (a) Caisin ketika sampai di tempat pengiriman.....	64
13.	Hasil analisis ANOVA terhadap nilai warna kromatik campuran kuning – biru (b) Caisin ketika sampai di tempat pengiriman.....	65
14.	Hasil analisis ANOVA terhadap nilai kecerahan (L) Pak Choi ketika sampai di tempat pengiriman	66
15.	Hasil analisis ANOVA terhadap nilai warna kromatik campuran merah – hijau (a) Pak Choi ketika sampai di tempat pengiriman.....	67

## DAFTAR LAMPIRAN (LANJUTAN)

16.	Hasil analisis ANOVA terhadap nilai warna kromatik campuran kuning – biru (b) Pak Choi ketika sampai di tempat pengiriman.....	68
17.	Hasil analisis ANOVA terhadap nilai kecerahan (L) Caisin setelah masa penyimpanan.....	69
18.	Hasil analisis ANOVA terhadap nilai warna kromatik campuran merah – hijau (a) Caisin setelah masa penyimpanan.....	70
19.	Hasil analisis ANOVA terhadap nilai warna kromatik campuran kuning – biru (b) Caisin setelah masa penyimpanan.....	71
20.	Hasil analisis ANOVA terhadap nilai kecerahan (L) Pak Choi setelah masa penyimpanan.....	72
21.	Hasil analisis ANOVA terhadap nilai warna kromatik campuran merah – hijau (a) Pak Choi setelah masa penyimpanan.....	73
22.	Hasil analisis ANOVA terhadap nilai warna kromatik campuran kuning – biru (b) Pak Choi setelah masa penyimpanan.....	74
23.	Foto tanaman Pak Choi.....	75
24.	Foto pemanenan Pak Choi.....	75
25.	Foto <i>hydrocooling</i> .....	76
26.	Foto penataan sayuran dalam <i>styrofoam</i> .....	76
27.	Foto pengukuran warna.....	77
28.	Foto pengukuran kekerasan.....	77

## ABSTRAK

Sayuran segar sebagai penyeimbang pemenuhan gizi memiliki permasalahan yaitu rentan terhadap kemunduran mutu kesegaran dan kerusakan mekanis. Sebagai produk segar yang masih hidup, sayuran dicirikan dengan adanya aktivitas metabolisme seperti respirasi untuk mempertahankan hidupnya. Faktor lingkungan yang paling penting berpengaruh terhadap laju respirasi adalah suhu. Dalam penelitian ini, pengaturan pendinginan akan ditinjau dari sesaat setelah panen dan diteruskan hingga masuk rantai dingin (*cold chain*), yaitu ketika sayuran berada dalam penyimpanan berpendingin selama pendistribusiannya ke pengecer. Dengan pertanyaan, Apakah dengan penanganan pasca panen dengan memberikan perlakuan berupa pengaturan suhu dingin mulai dari sesaat setelah dipanen hingga pendistribusiannya dapat memperlambat tingkat kerusakan sayuran (Caisin dan Pak Choi)?, penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis perubahan hasil penanganan pasca panen terhadap Caisin (*Brassica campestris*) dan Pak Choi (*Brassica rapa*) yang diberi perlakuan berupa pengaturan suhu dingin mulai dari sesaat setelah dipanen, hingga pendistribusiannya. Penelitian ini disusun secara faktorial dengan 2 faktor, faktor pertama yaitu perlakuan suhu *precooling* dengan air (*hydrocooling*) dengan 3 taraf yaitu A1 = air sumur (18 – 20 °C); A2 = air dingin (10 – 12 °C, campuran air sumur dengan es); A3 = dengan menggunakan air es pada kisaran suhu 4 – 6 °C. Faktor kedua adalah perlakuan suhu dengan 3 taraf yaitu B0 = suhu ruangan; B1 = 4 °C; dan B2 = 0 °C. Parameter yang diamati adalah: (1) perubahan bobot; (2) perubahan kekerasan; (3) perubahan warna; dan (4) perubahan organoleptik. Hasil analisis ANOVA menunjukkan bahwa semua perlakuan memberikan hasil yang tidak nyata. Hasil analisis terhadap Caisin dan Pak Choi untuk: (1) perubahan bobot menunjukkan bahwa perubahan bobot mulai pengemasan hingga sampai ke tempat pengiriman umumnya mengalami penambahan bobot; dan (2) perubahan kekerasan, warna, dan organoleptik menunjukkan bahwa antara Caisin dan Pak Choi dapat menunjukkan respon yang berbeda terhadap perlakuan suhu dingin tertentu.

Kata kunci: Pengaturan suhu dingin.

## RINGKASAN

Masyarakat telah menyadari bahwa setelah terpenuhinya asupan gizi dari karbohidrat dan protein, manusia masih membutuhkan sayuran sebagai penyeimbang pemenuhan gizinya. Permasalahan yang ada pada produk sayuran adalah rentannya sayuran segar terhadap kemunduran mutu kesegaran dan kerusakan mekanis, sementara di sisi lain konsumen biasanya menghendaki sayuran berada dalam kondisi segar seperti sesaat setelah dipanen ketika dikonsumsi. Sebagai produk segar yang masih hidup, sayuran dicirikan dengan adanya aktivitas metabolisme seperti respirasi untuk mempertahankan hidupnya. Faktor lingkungan yang paling penting berpengaruh terhadap laju respirasi adalah suhu. Karena itu, pengendalian suhu produk merupakan cara utama yang secara berarti mengendalikan laju metabolisme. Dalam penelitian ini, pengaturan pendinginan akan ditinjau dari sesaat setelah panen dan diteruskan hingga masuk rantai dingin (*cold chain*), yaitu ketika sayuran berada dalam penyimpanan berpendingin selama pendistribusiannya ke pengecer.

Permasalahan dalam penelitian ini dimulai dari tuntutan konsumen terhadap sayuran yang harus berada dalam kondisi segar seperti baru dipanen ketika dikonsumsi, sementara sayuran termasuk komoditas pertanian yang mudah rusak (*perishable*). Untuk mengatasinya dapat dilakukan dengan pengaturan suhu dingin, namun informasi yang dipublikasikan mengenai teknologi ini baru menangani sampai sesaat setelah panen. Padahal, kerusakan sayuran tetap berlangsung selama pendistribusiannya. Dari perumusan masalah tersebut, dapat dibuat pertanyaan penelitian: Apakah dengan penanganan pasca panen dengan memberikan perlakuan berupa pengaturan suhu dingin mulai dari sesaat setelah dipanen hingga pendistribusiannya dapat memperlambat tingkat kerusakan sayuran (Caisin dan Pak Choi)? Sesuai dengan permasalahan tersebut tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis perubahan hasil penanganan pasca panen terhadap Caisin (*Brassica campestris*) dan Pak Choi (*Brassica rapa*) yang diberi perlakuan berupa pengaturan suhu dingin mulai dari sesaat setelah dipanen, hingga pendistribusiannya. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat berupa informasi tambahan mengenai penanganan pasca panen Caisin

dan Pak Choi dengan pemanfaatan rantai dingin (*cold chain*). Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat digunakan sebagai bahan merevisi Buku Materi Pokok 'Pengetahuan Bahan Pangan Nabati (PANG4211)' dan 'Penanganan dan Pengolahan Hasil Hortikultura (PANG4226)'.

Penelitian dilakukan di sentra produksi sayuran dataran tinggi Puncak, Bogor dan Laboratorium Pangan IPB, Bogor. Penelitian dilakukan selama 7 (tujuh) bulan mulai bulan April sampai dengan Oktober 2010.

Penelitian ini disusun secara faktorial dengan 2 faktor, faktor pertama yaitu perlakuan suhu *precooling* dengan air (*hydrocooling*) dengan 3 taraf yaitu A1 = air sumur (18 – 20 °C); A2 = air dingin (10 – 12 °C, campuran air sumur dengan es); A3 = dengan menggunakan air es pada kisaran suhu 4 – 6 °C. Faktor kedua adalah perlakuan suhu dengan 3 taraf yaitu B0 = suhu ruangan; B1 = 4 °C; dan B2 = 0 °C. Parameter yang diamati adalah: (1) perubahan bobot; (2) perubahan kekerasan; (3) perubahan warna; dan (4) perubahan organoleptik.

Hasil analisis ANOVA yang dilakukan terhadap semua perlakuan, semua menunjukkan hasil yang tidak nyata. Hasil analisis terhadap perubahan bobot untuk Caisin dan Pak Choi menunjukkan bahwa perubahan bobot mulai pengemasan hingga sampai ke tempat pengiriman umumnya mengalami penambahan bobot. Untuk Caisin, penambahan terbesar terjadi pada perlakuan awal dengan air sumur ditambah es dan suhu pengangkutan 4 °C, yaitu rata-rata sebesar 1.7% dan untuk Pak Choi, penambahan terbesar terjadi pada perlakuan awal dengan air es dan suhu pengangkutan 0 °C, yaitu rata-rata sebesar 5.2%. Hasil analisis terhadap perubahan bobot mulai pengemasan hingga masa penyimpanan untuk Caisin dan Pak Choi menunjukkan bahwa pada umumnya mengalami penyusutan. Ada pun perubahan bobot dari ketika sampai ke tempat pengiriman hingga masa penyimpanan untuk Caisin mengalami penurunan bobot (penyusutan) untuk semua perlakuan dan untuk Pak Choi sebagian besar mengalami penyusutan bobot.

Hasil analisis terhadap perubahan kekerasan setelah sampai di tempat pengiriman dibandingkan dengan setelah masa penyimpanan untuk Caisin menunjukkan bahwa perlakuan awal dengan menggunakan air sumur ditambah es dan pada perlakuan pengangkutan dengan suhu 4 °C menunjukkan kekerasan yang

lebih besar setelah masa penyimpanan. Ada pun untuk Pak Choi, perlakuan awal yang lebih dingin daripada air sumur memberikan hasil rata-rata kekerasan yang meningkat setelah masa penyimpanan. Rata-rata peningkatan terbesar terjadi pada perlakuan awal dengan menggunakan air ditambah es, yaitu sebesar 0.041 kilogram *force*. Selanjutnya dari informasi pada perlakuan awal dengan menggunakan air ditambah es, yang meningkat kekerasannya adalah pada perlakuan pengangkutan dengan suhu 4 dan 0 °C, dengan besar peningkatan rata-rata berturut-turut 0.087 dan 0.079 kilogram *force*.

Hasil analisis terhadap perubahan warna dilihat dari nilai L (nilai kecerahan) menunjukkan bahwa sejak sampai di tempat tujuan hingga selama masa penyimpanan, Caisin hanya mengalami sedikit penurunan yaitu dari rata-rata 39.37 ke 38.96, atau dengan kata lain warna Caisin sedikit berubah kearah lebih gelap. Namun tidak demikian halnya dengan PakChoi, Pak Choi sedikit berubah menjadi lebih cerah, atau nilai L mengalami peningkatan, yaitu dari rata-rata 43.94 menjadi 45.10. Bila dilihat nilai a, secara umum baik Caisin maupun Pak Choi menunjukkan perubahan ke arah warna hijau yang semakin berkurang setelah masa penyimpanan (nilai a yang menjadi lebih besar), yaitu dari rata-rata -12.91 ke -12.21 untuk Caisin dan dari -15.15 ke -15.04 untuk Pak Choi. Ada pun dari nilai b, Caisin cenderung menunjukkan warna kuning yang berkurang setelah masa penyimpanan (b menjadi lebih kecil), yaitu dari rata-rata nilai 18.43 ke 16.79. Sedangkan untuk Pak Choi nilai b menjadi lebih besar setelah masa penyimpanan yaitu dari 23.93 menjadi 24.40, atau dengan kata pada akhir masa penyimpanan warna kuning Pak Choi berubah menjadi bertambah. Untuk hasil kombinasi nilai a dan nilai b, bila dilihat dari saat kedatangannya di tempat tujuan hingga masa penyimpanan, diperoleh hasil bahwa untuk Caisin terjadi sedikit pergeseran ke arah warna yang ada di pusat lingkaran. Ada pun untuk Pak Choi pergeseran yang terjadi adalah ke arah luar dari warna yang ada di pusat lingkaran.

Hasil analisis terhadap perubahan organoleptik dengan mengukur ‘Nilai Organoleptik Secara Umum’, untuk Caisin pada dasarnya menunjukkan hasil yang lebih rendah setelah masa penyimpanan, artinya panelis lebih menyukai Caisin yang baru sampai dibandingkan dengan yang telah mengalami masa

penyimpanan. Untuk Caisin yang baru sampai tersebut, yang paling disukai adalah Caisin dengan perlakuan awal menggunakan air sumur dicampur es dan selama pengangkutan dengan menggunakan suhu 4 °C, yaitu dengan dengan nilai rata-rata 4.40. Hal yang berbeda terjadi pada Pak Choi. Penulis pada umumnya lebih menyukai Pak Choi yang telah mengalami masa penyimpanan. Nilai terbesar diberikan pada perlakuan awal dengan air es dan perlakuan selama pengangkutan dengan suhu 0 °C dengan nilai rata-rata 3.79.

## **PENDAHULUAN**

### **Latar Belakang**

Masyarakat telah menyadari bahwa setelah terpenuhinya asupan gizi dari karbohidrat dan protein, manusia masih membutuhkan sayuran sebagai penyeimbang pemenuhan gizinya. Alasannya, pada umumnya sayuran banyak mengandung zat gizi tertentu khususnya vitamin A, serat, dan vitamin C yang tidak dapat diproduksi oleh tubuh.

Indonesia berpeluang besar dalam menyediakan beragam jenis sayuran. Berdasarkan posisi geografisnya, Indonesia yang terletak di daerah tropika dapat menghasilkan beraneka ragam jenis sayuran tropika, dan berdasarkan keragaman topografinya Indonesia juga mampu menumbuhkan sayuran sub-tropika.

Permasalahan yang ada pada produk sayuran adalah rentannya sayuran segar terhadap kemunduran mutu kesegaran dan kerusakan mekanis, sementara di sisi lain konsumen biasanya menghendaki sayuran berada dalam kondisi segar seperti sesaat setelah dipanen ketika dikonsumsi. Kemunduran mutu kesegaran sayuran terjadi karena karakteristik fisiologis pasca panen yang masih aktif melaksanakan metabolisme. Adapun kerusakan mekanis terjadi karena karakteristik fisik-morfologis jaringan kulit atau dermalnya yang lemah dan sangat mudah mengalami kerusakan. Ditambah lagi adanya kecenderungan penyimpanan, transportasi, distribusi, dan pemasarannya yang memerlukan waktu relatif panjang, adanya waktu pemajangan pada pedagang-pedagang eceran, dan waktu penundaan penyiapan atau pengolahan untuk dikonsumsi di tingkat rumah tangga.

Sebagai produk segar yang masih hidup, sayuran dicirikan dengan adanya aktivitas metabolisme seperti respirasi untuk mempertahankan hidupnya. Faktor lingkungan yang paling penting berpengaruh terhadap laju respirasi adalah suhu. Karena itu, pengendalian suhu produk merupakan cara utama yang secara berarti mengendalikan laju metabolisme. Semakin rendah suhu, semakin lambat laju metabolisme, sehingga kesegaran produk lebih lama (Utama, 2009). Dengan demikian pengendalian suhu *pre-cooling* dan rantai dingin memegang peranan penting untuk mengendalikan metabolisme produk dan juga mengendalikan pertumbuhan organisme perusak. Karena itu pada tahapan-tahapan distribusi hendaknya tersedia fasilitas pendingin agar pendinginan dapat dilakukan dengan baik dimulai sesaat setelah panen (*pre-cooling*), penyimpanan berpendingin, logistik berpendingin, hingga penyimpanan berpendingin pada pengecer sebelum sampai pada konsumen.

Teknologi pendingin intensif dikembangkan mulai sesaat produk segar dipanen (*pre-cooling*), sebelum dilakukan penyimpanan dingin, hingga ke pasar eceran. Teknologi pendingin di negara-negara maju berkembang pesat seperti *forced-air cooling* dan *vacuum cooling*. Namun sayangnya teknologi ini tidak dapat diterapkan di negara-negara sedang berkembang seperti Indonesia di mana petaninya berskala kecil. Karena itu, pengembangan teknologi pendingin harus mempertimbangkan aspek kepraktisan sebelum teknologi tersebut diterapkan.

Beberapa teknologi pendingin praktis yang *adaptable* dan *cost-effective* telah dikembangkan aplikasinya untuk Indonesia. Namun sejauh ini, informasi yang dipublikasikan mengenai teknologi pendingin tersebut baru sampai tahap

*pre-cooling* seperti teknologi *hydro-cooling* dengan air es untuk beberapa produk sayuran (Utama, 2001; Jatisukarta, 2004; Dewi, 2008).

Dalam penelitian ini, pengaturan suhu dingin akan ditinjau lebih jauh. Pengaturan suhu tidak hanya sampai sesaat setelah panen (*pre-cooling*), namun diteruskan hingga sayuran berada dalam penyimpanan berpendingin selama pendistribusiannya ke pengecer.

Pemilihan Caisin dan Pak Choi sebagai objek penelitian memiliki dua alasan, pertama, pengamatan di sentra produksi (di wilayah Puncak, Bogor dan sekitarnya) menunjukkan bahwa kedua jenis sayuran tersebut memiliki permintaan yang tinggi dari supermarket. Hasil pengamatan di beberapa supermarket di Bogor juga menunjukkan kedua jenis sayuran ini selalu tersedia. Alasan kedua, di antara sayuran daun, Caisin dan Pak Choi merupakan komoditas yang memiliki nilai komersial dan digemari masyarakat Indonesia. Konsumen menggunakan daun Caisin dan Pak Choi baik sebagai bahan pokok maupun sebagai pelengkap masakan tradisional dan masakan cina (Haryanto, Suhartini, & Rahayu, 2001). Bagi pekebun, masa panen yang singkat dan pasar yang terbuka luas merupakan daya tarik untuk mengusahakan caisin. Daya tarik lainnya adalah harga yang relatif stabil dan mudah diusahakan (Hapsari, 2002).

### **Perumusan Masalah**

Permasalahan dalam penelitian ini dimulai dari tuntutan konsumen terhadap sayuran yang harus berada dalam kondisi segar seperti baru di panen ketika dikonsumsi, sementara sayuran termasuk komoditas pertanian yang mudah rusak (*perishable*). Untuk mengatasinya dapat dilakukan dengan pengaturan

suhu dingin, namun informasi yang dipublikasikan mengenai teknologi yang tersedia baru menangani sampai sesaat setelah panen. Padahal, kerusakan sayuran tetap berlangsung selama pendistribusiannya. Dari perimusan masalah tersebut, dapat dibuat pertanyaan penelitian: Apakah dengan penanganan pasca panen dengan memberikan perlakuan berupa pengaturan suhu dingin mulai dari sesaat setelah dipanen hingga pendistribusiannya dapat memperlambat tingkat kerusakan sayuran (Caisin dan Pak Choi)?

### **Tujuan**

Menganalisis perubahan hasil penanganan pasca panen terhadap Caisin (*Brassica campestris*) dan Pak Choi (*Brassica rapa*) yang diberi perlakuan berupa pengaturan suhu dingin mulai dari sesaat setelah dipanen, hingga pendistribusiannya.

### **Manfaat**

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat berupa informasi tambahan mengenai penanganan pasca panen Caisin dan Pak Choi dengan pemanfaatan rantai dingin (*cold chain*). Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat digunakan sebagai bahan merevisi Buku Materi Pokok 'Pengetahuan Bahan Pangan Nabati (PANG4211)' dan 'Penanganan dan Pengolahan Hasil Hortikultura (PANG4226)'.

Daerah asal Caisin adalah wilayah beriklim dingin (subtropik). Walaupun demikian untuk wilayah Indonesia yang termasuk daerah beriklim panas (tropik), Caisin nampaknya telah beradaptasi sehingga ia dapat tumbuh dengan baik di dataran rendah sampai tinggi dengan ketinggian mencapai  $\pm 1.100$  dpl, suhu udara  $15,6 - 21,1$  °C, dan kelembaban udara (RH) sebesar  $70 - 90\%$  dengan mendapat penyinaran matahari penuh. Tanah yang cocok untuk ditanami Caisin adalah tanah gembur, banyak mengandung humus, subur serta drainase yang baik. Misalnya tanah lempung berpasir atau lempung berliat. Derajat kemasaman (pH) tanah berkisar antara  $5,5 - 6,5$  merupakan pH yang optimum bagi pertumbuhan Caisin (Haryanto *et al.*, 2003).

Keluarga sawi-sawian yang lain adalah *Brassica rapa* (Pak choi). Menurut Haryanto *et al* (2003) antara Pak Choi dan Caisin adalah satu genus, hanya spesiesnya yang berbeda. Penampilan Pak Choi amat mirip dengan Caisin, tetapi Pak Choi lebih pendek dan kompak. Tangkai daunnya lebar dan kokoh. Tulang daunnya mirip dengan Caisin. Daunnya pun lebih tebal daripada Caisin.

Dalam klasifikasi tanaman, kedudukan Pak Choi adalah sebagai berikut:

Kingdom : Viridiplantae  
Divisi : Spermatophyta  
Sub Divisi : Angiospermae  
Kelas : Dicotyledonae  
Ordo : Capparales  
Famili : Brassicaceae  
Genus : *Brassica*  
Spesies : *Brassica rapa*.

Menurut Rukmana (2009) Pak Choi mempunyai nama lokal lain yaitu Toi-sin. Ciri-cirinya adalah daun-daunnya halus (tidak berbulu) dan tidak mampu membentuk krop (telur). Meskipun ada beberapa varietas Pak Choi yang memiliki krop, tetapi kropnya tidak padat. Menurut Haryanto *et al* (2003), Pak Choi diduga berasal dari daerah Tiongkok (Cina) dan Asia Timur. Konon di daerah Cina, tanaman ini telah dibudidayakan sejak 2500 tahun yang lalu, kemudian menyebar luas ke Filipina dan Taiwan. Masuknya Pak Choi ke wilayah Indonesia diduga pada abad XIX, bersamaan dengan lintas perdagangan jenis sayuran sub tropis lainnya, terutama kelompok kubis-kubisan (Cruciferae).

Pak Choi berproduksi baik di dataran tinggi. Di Indonesia, Pak Choi sudah banyak diusahakan oleh petani di daerah Cipanas, Jawa Barat dengan pertumbuhan baik (Haryanto, Suhartini, Rahayu, & Sumarjono, 2007). Secara umum Pak Choi tumbuh dengan baik di daerah dengan ketinggian lebih dari 100 m dpl, sejuk dan lembab, dan pada kisaran suhu 15 – 25 °C.

Lebih jauh Rukmana (2009) menguraikan bahwa sebagai sayuran daun, Caisin dan Pak Choi kaya akan sumber vitamin dan mineral. Caisin dan Pak Choi kaya akan sumber vitamin A sehingga berdaya guna dalam upaya mengatasi masalah kekurangan vitamin A atau penyakit rabun ayam (*xerophthalmia*) yang sampai kini menjadi masalah di kalangan anak balita. Kegunaan Caisin untuk kesehatan tubuh manusia adalah untuk memperbaiki daya kerja buah pinggang sedangkan Pak Choi dalam tubuh manusia antara lain untuk mendinginkan perut. Kandungan gizi kedua jenis sayuran tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan zat gizi Caisin dan Pak Choi tiap 100 g bahan

Kandungan Zat Gizi	Caisin		Pak Choi	
	a	b	a	b
Energi (Kal.)	15.0	23.0	21.0	22.0
Protein (g)	1.8	1.8	1.8	2.3
Lemak (g)	0.2	0.3	0.3	0.3
Karbohidrat (g)	2.5	4.5	3.9	4.0
Serat (g)	0.6	-	0.7	-
Abu (g)	0.8	-	0.9	-
Fosfor (mg)	31.0	39.0	33.0	38.0
Zat Besi (mg)	7.5	6.9	4.4	2.9
Natrium (mg)	22.0	-	20.0	-
Kalium (mg)	225.0	179.0	323.0	220.0
Vitamin A (S.I.)	1555.0	3995.0	3600.0	6460.0
Thiamine (mg)	0.1	0.1	0.1	0.1
Riboflavin (mg)	0.1	-	0.1	-
Niacin (mg)	0.8	-	1.0	-
Vitamin C	66.0	75.0	74.0	102.0
Air (g)	-	92.4	-	92.2
Kalsium (mg)	102.0	179.0	147.0	220.0

Keterangan: a bersumber dari Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI  
 b bersumber dari *Food and Nutrition Research Center*

### Pemanenan Caisin dan Pak Choi

Karena Caisin dan Pak Choi merupakan jenis sawi-sawian maka penjelasan mengenai pemanenan dapat merujuk seperti yang dijelaskan oleh Haryanto *et al.* (2007), yaitu biasanya sayuran ini dipanen pada umur 40 – 50 hari. Selain dilihat dari umur, sayuran ini juga dipanen berdasarkan keadaan

fisik tanaman, seperti warna, bentuk, dan ukuran daun. Apabila daun terbawah sudah mulai menguning maka tanaman ini harus secepatnya dipanen. Alasannya, pada saat tersebut tanaman ini telah memasuki fase generatif atau segera berbunga. Tanaman yang dipanen sebelum berbunga akan diperoleh sayuran yang terasa segar dan tidak terlalu kasar di lidah.

Cara panen dapat dilakukan dengan mencabut seluruh tanaman beserta akarnya atau dengan memotong bagian pangkal batang yang berada di atas tanah dengan menggunakan pisau tajam. Penggunaan kedua cara tersebut tergantung pada jenis tanah tempat penanamannya. Pada lahan bertanah gembur, pemanenan dengan pencabutan lebih efektif, sedangkan pada tanah kering umumnya pemanenan dilakukan dengan pemotongan.

Pada dasarnya penanganan lepas panen Caisin dan Pak Choi meliputi pencucian dan pembuangan kotoran, sortasi, pengemasan, penyimpanan, dan pengolahan. Tanaman yang baru dipanen harus dibersihkan dan dicuci. Daun yang rusak dan kotoran yang masih melekat pada daun harus dibuang.

Beberapa langkah penanganan lepas panen sayuran yang perlu dilakukan menurut Muchtadi (2007) meliputi pemilihan (sortasi) berdasarkan mutu dan berdasarkan ukuran, dan pencucian. Sortasi berdasarkan mutu diperlukan untuk mendapatkan keuntungan yang memadai sesuai dengan mutu barang. Buah-buahan dan sayuran mempunyai variasi mutu yang luas, di antaranya disebabkan oleh faktor genetik, lingkungan, dan agronomi. Pada umumnya mutu didasarkan atas kesegaran, ketegaran, kebersihan, ukuran, bobot, warna, bentuk, kemasakan, kebebasan dari bahan-bahan asing dan penyakit, kerusakan oleh serangga, dan luka-luka mekanik yang terdapat pada buah-buahan atau sayuran. Sortasi dapat

dilakukan secara mekanik ataupun manual dengan tangan. Hasil yang buruk dimasukkan ke dalam peti barang apkiran.

Sortasi berdasarkan ukuran diperlukan untuk mendapatkan keseragaman ukuran. Hal ini dapat dilakukan baik secara mekanik maupun manual. Biasanya sortasi dengan tangan berguna untuk pengemasan kecil-kecilan. Sedangkan untuk operasi besar-besaran digunakan alat penyortiran menurut ukuran. Alat yang digunakan sangat beraneka ragam seperti: sabuk memanjang dan penggulung, ayakan bergetar dengan lubang, timbangan, dan sebagainya.

### **Proses Fisiologi Lepas Panen Sayuran**

Pada waktu masih berada di pohon, sayuran melangsungkan proses kehidupannya dengan cara melakukan pernapasan (*respirasi*), yaitu suatu proses biologis dimana oksigen diserap untuk digunakan pada proses pembakaran (*oksidasi*) yang menghasilkan energi dengan diikuti oleh pengeluaran sisa pembakaran yang berupa gas karbondioksida dan air (Muchtadi, 2006). Setelah dipanen ternyata sayuran juga masih melangsungkan proses *respirasi*, dan oleh karena itu sayuran setelah dipanen masih disebut hidup (Utama, 2010; Muchtadi, 2006).

Yang dimaksud dengan respirasi atau pernapasan adalah suatu proses metabolisme dengan cara menggunakan oksigen dalam pembakaran senyawa makromolekul seperti karbohidrat, protein, dan lemak yang akan menghasilkan CO<sub>2</sub>, air, dan sejumlah besar elektron-elektron. Senyawa makromolekul dioksidasi dengan pembentukan NADH (Nikotinamida Adenin Dinukleotida) dan ion H<sup>+</sup>, kemudian melalui flavoprotein dan sistem sitokrom, elektron yang

dihasilkan akan mereduksi oksigen dan akan menghasilkan air. Dari reaksi yang panjang tersebut, akan dihasilkan energi dalam bentuk ATP (Adenosin Trifosfat), sebesar 38 mol ATP/mol glukosa (Muchtadi, 2007).

Faktor-faktor yang mempengaruhi respirasi, baik menurut Muchtadi (2006) maupun Muchtadi (2007) adalah sama, yaitu meliputi faktor internal dan eksternal. Faktor internal meliputi: tingkat perkembangan, susunan kimiawi jaringan, ukuran produk, pelapis alami, dan jenis jaringan. Faktor eksternal meliputi: suhu, etilen, oksigen yang tersedia, karbon dioksida, dan adanya luka atau kerusakan lainnya.

### **Rantai Dingin (*Cold Chain*)**

Berkaitan dengan suhu sebagai salah satu faktor eksternal yang berpengaruh terhadap respirasi, maka menurut Utama (2010) pengendalian suhu produk sayuran merupakan cara utama yang secara berarti mengendalikan laju metabolisme. Semakin rendah suhu, semakin lambat laju metabolisme, sehingga kesegaran produk lebih lama.

Karena itu menurut Muchtadi (2007) penting dilakukan pra pendinginan, makin cepat panas kebun dihilangkan setelah pemanenan, makin cepat pula kerusakan-kerusakan fisiologis dan kegiatan metabolik dapat dihambat. Salah satu bentuk pra pendinginan adalah pendinginan dengan air. Dengan cara ini panas lapangan hasil panen akan cepat diserap oleh air. Cara ini digunakan dengan hasil yang menguntungkan pada sayur-sayuran dan untuk mempertahankan tekstur dan kesegarannya.

*Cold chain* adalah sistem rantai pasokan produk yang terdiri dari rantai penyimpanan dan distribusi yang tidak terputus dengan pengaturan suhu pada rentang tertentu sesuai dengan suhu optimum produk. *Cold chain* digunakan untuk memperpanjang umur penggunaan produk seperti produk segar pertanian (hortikultura), pangan terolah, film fotografi, bahan kimia dan obat-obatan farmasi (Wikipedia, 2009).

Pada produk hortikultura sangatlah penting untuk memahami bagaimana *cold chain* yang ideal dan layak untuk menyimpan produk yang mudah rusak pada suhu rendah untuk memastikan umur penggunaan yang lebih panjang, penyusutan pasca panen fisik dan ekonomis yang lebih rendah, dan untuk memelihara kualitas produksi (bentuk, warna, aroma, rasa, dan kandungan gizi). Pada kenyataannya naik turunnya suhu sering tidak terkontrol selama rantai penanganan sehingga memberikan efek yang sangat merugikan bagi produk hortikultura (Utama, 2009).

Pengaturan suhu juga dilakukan pada saat pengangkutan, karena pengangkutan merupakan mata rantai penting dalam penanganan, penyimpanan, dan distribusi sayur-sayuran. Pengangkutan hasil dimulai dari kebun ke tempat-tempat pengumpulan. Dari tempat-tempat ini dilakukan pengangkutan hasil sebagai barang curahan oleh para pengecer, tengkulak, pedagang besar, pemroses, pengeksport, dan pengimpor di stasiun-stasiun pengemasan, tempat-tempat pengiriman dan pelabuhan pemuatan dan pembongkaran. Distribusi dilakukan oleh orang, dengan gerobak, hewan angkutan, kendaraan bermotor, kapal, perahu, kereta api, dan kapal terbang (Muchtadi, 2007).

Salah satu hal yang penting dalam pengangkutan adalah suhu pada saat pengangkutan. Suhu ini sangat bergantung sekali pada komoditi yang diangkut (Muchtadi, 2007). Menurut Kitinoja & Kader (2002) teknologi pendinginan dan lepas panen adalah *commodity specific*. Varietas tanaman dapat menentukan suhu pengangkutan. Sebagai contoh adpokat varietas *Lula* dan *Booth* memerlukan suhu pengangkutan 41 °F, sedang jenis *Fuchs* dan *Pollock* mengalami kerusakan akibat pendinginan pada suhu ini (Muchtadi, 2007).

Walaupun varietas tanaman sama tetapi kondisi dan iklim untuk pertumbuhan tanaman berbeda dapat mengakibatkan suhu pengangkutan juga berbeda. Sebagai contoh: suhu pengangkutan jeruk manis *Valencia* yang ditanam di Florida dan Texas adalah 32 °F, tetapi jeruk manis *Valencia* yang berasal dari Kalifornia dan Arizona memerlukan suhu pengangkutan antara 41 – 45 °F (Muchtadi, 2007).

Waktu pemanenan juga dapat mempengaruhi suhu yang diperlukan untuk pengangkutan. Jeruk besar Florida rentan terhadap pendinginan pada awal musim pemanenan (Oktober – Januari), dan paling baik dikirim pada suhu 50 °F. Buah-buahan yang lebih masak, yang dipungut pada bulan Januari – Juni, rentan terhadap pembusukan, oleh sebab itu sebaiknya diangkut pada suhu 48 °F (Muchtadi, 2007).

Contoh klasik mengenai hubungan kemasakan dengan suhu pengiriman adalah pada buah tomat. Tomat hijau tua yang dikirim pada suhu di bawah 55 °F tidak akan menjadi matang dan akan timbul pembusukan setelah dipindahkan ke ruang dengan suhu biasa. Sebaliknya tomat yang matang dan segar dengan mutu

yang tinggi, dapat dipertahankan selama 7 hari pada suhu pengiriman 40 – 48 °F (Muchtadi, 2007).

Dalam mempertahankan *cold chain* pada produk hortikultura yang mudah rusak maka beberapa hal yang harus dilakukan menurut Kitinoja & Kader (2002) adalah:

1. Panen

- Lindungi produk dari panas matahari.
- Transportasikan secepatnya ke rumah pengemas / *processing*.

2. Pendinginan

- Hindari penundaan untuk pendingin.
- Dinginkan produk secara menyeluruh secepat mungkin.

3. Penyimpanan sementara

- Jaga suhu produk pada suhu optimum.
- Kirim ke pasar secepat memungkinkan.

4. Transportasi

- Gunakan area *loading*/pemuatan berpendingin.
- Dinginkan truk sebelum transportasi.
- Isi palet ke bagian tengah dalam truk.
- Hindari penundaan selama transportasi.
- Monitor suhu produk selama transportasi.

5. Penanganan di tempat tujuan

- Gunakan area *unloading*/pembongkaran yang berpendingin.
- Ukur suhu produk.

- Pindahkan produk secepatnya ke area penyimpanan berpendingin yang memadai.
  - Transportasikan ke pasar *retail* atau operasi pelayanan makanan dalam truk berpendingin.
  - *Display* atau pajang produk pada kisaran suhu yang memadai.
6. Penanganan di *food service outlet*/rumah
- Jaga produk pada suhu yang memadai.
  - Gunakan/konsumsi produk sesegera mungkin.

### **Hasil Penelitian Perlakuan Suhu Sebelumnya**

Penelitian dengan judul “Pengaruh Suhu dan Lama Penyimpanan terhadap Penurunan Kadar Vitamin C Brokoli (*Brassica oleracea L*)”, memberikan informasi sebagai berikut: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya interaksi antara suhu dan lama penyimpanan terhadap penurunan kadar vitamin C brokoli serta penurunan kadar vitamin C paling rendah. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap pola faktorial 4 x 2. Faktor pertama yaitu suhu yaitu 0 °C, 5 °C, 10 °C, dan 30 °C (kontrol). Kemudian faktor kedua yaitu lama penyimpanan yaitu 3 hari, dan 7 hari. Masing-masing perlakuan dengan 3 ulangan. Parameter yang diamati adalah penurunan kadar vitamin C (%). Data yang diperoleh dianalisis dengan Anova dilanjutkan uji Duncan taraf signifikansi 95 %. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi interaksi perlakuan kombinasi suhu dan lama penyimpanan berpengaruh nyata terhadap penurunan kadar vitamin C brokoli. Penurunan kadar vitamin C

terendah dicapai perlakuan suhu 5 °C lama penyimpanan 3 hari yaitu rata-rata sebesar 0.004%” (Safaryani, Haryanti, & Hastuti, 2007).

Penelitian dengan judul “Pengaruh Suhu Penyimpanan terhadap Mutu Buah-Buahan Impor yang Dipasarkan di Sulawesi Selatan”, memberikan informasi sebagai berikut: Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data rantai tata niaga buah impor dan penanganan yang dilakukan setiap pelaku di dalamnya serta pengaruh perlakuan selama penyimpanan terhadap parameter mutu (fisik dan kimia) buah impor yang dipasarkan di Sulawesi Selatan. Pada tahap pertama dilakukan survei rantai tata niaga buah impor dari Jakarta/Surabaya ke Makassar dan kabupaten di Sulsel. Selanjutnya berdasarkan temuan pada penelitian lapangan dilakukan simulasi penyimpanan dengan suhu yang bervariasi dan berfluktuasi terhadap 5 macam buah impor kemudian dilakukan pengamatan parameter mutu (fisik, kimia). Hasil survei menunjukkan rantai tata niaga buah impor mulai dari eksportir (Jakarta/Surabaya) kemudian ke distributor di Makasar yang selanjutnya didistribusikan ke pengecer (pasar swalayan/pasar tradisional/penjual buah pinggir jalan). Selama transportasi dan penyimpanan, rantai pendingin terputus setelah melewati distributor dan pada umumnya terjadi fluktuasi suhu dingin dan suhu ruang. Penjualan di pasar swalayan sudah dilakukan dengan fasilitas pendingin, namun suhu dingin tidak terkontrol dan tidak stabil sedangkan pedagang tradisional dan pengecer pinggir jalan tidak memiliki fasilitas pendingin sehingga buah diekspos pada suhu ruang/lingkungan. Hasil penelitian laboratorium secara umum menunjukkan bahwa penyimpanan pada suhu rendah (dingin) yang dipertahankan konstan dapat memperpanjang mutu fisik (warna dan penampilan/kesegaran, tekstur, dan cita rasa) dan nilai gizi

terutama kandungan Vitamin C buah impor. Sedangkan penyimpanan pada suhu dingin, namun sesekali difluktuasikan atau diekspos pada suhu ruang menyebabkan penurunan mutu fisik/organoleptik dan nilai gizi yang lebih cepat dibandingkan suhu stabil. Penyimpanan pada suhu ruang (dibiarkan sesuai dengan suhu lingkungan) menyebabkan penurunan mutu fisik-organoleptik dan mutu nilai gizi sangat cepat yang diikuti dengan proses pembusukan. Sementara susut bobot lebih tinggi terjadi pada suhu ruang dan suhu berfluktuasi, dibandingkan dengan suhu dingin yang dipertahankan stabil. Pada penyimpanan suhu ruang, daya tahan “layak konsumsi” hanya sampai 2 minggu untuk buah jeruk mandarin, 3 minggu untuk sunkist, 2 minggu untuk buah anggur, 4 minggu buah pir, dan 12 minggu untuk buah apel. Sedangkan pada suhu berfluktuasi, daya tahan berturut-turut 4 minggu, 3 minggu, 6 minggu, dan 17 minggu untuk masing masing sunkist, buah anggur, buah pir, dan buah apel. Pada suhu dingin, buah-buahan mampu bertahan lama, yaitu 5 minggu untuk jeruk mandarin dan 10 minggu, 8 minggu, 10 minggu, serta 32 minggu berturut-turut untuk buah sunkist, anggur, pir, dan apel (Tawali, 2004).

Penelitian dengan judul “Pengaruh Suhu Air dan Lama Waktu Perendaman Beberapa Jenis Sayuran Daun pada Proses *Crisping*”, memberikan informasi sebagai berikut: Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas proses *crisping* dalam meningkatkan mutu fisik kesegaran dan mutu kesegaran empat produk sayuran berdaun, yaitu selada keriting (*lettuce*), kangkung, bawang prei (*leeks*), dan sawi cina (*chinese cabbage*) dibandingkan dengan tanpa *crisping*. Proses *crisping* dilakukan dengan mencelupkan sayuran ke dalam air dengan tiga suhu yang berbeda (30, 40 and 50 °C) dikombinasikan

dengan lama perendaman (1, 3, 5, dan 7 menit), dilanjutkan dengan pendinginan secara cepat pada suhu rendah ( $5 \pm 2$  °C) dan disimpan selama 12 jam sebelum dipajang pada *show case* dengan suhu  $10 \pm 2$  °C. Sebagai kontrol, bahan penelitian tidak mengalami perendaman dan dibiarkan disimpan pada suhu kamar dan yang lainnya disimpan pada suhu pemajangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektifitas *crisping* erat kaitannya dengan struktur fisik-morfologisnya. Secara umum, suhu air 30 dan 40 °C yang dikombinasikan dengan lama perendaman 1 – 3 menit efektif untuk meningkatkan mutu fisik kesegaran dan mutu kesegaran selada keriting dan bawang prei, ada pun untuk kangkung dan sawi cina, lama perendaman yang efektif adalah 7 menit (Utama, Nocianitri, & Pudja, 2007).

Penelitian dengan judul “Mempelajari Pengaruh Suhu Penyimpanan Terhadap Mutu Buah Apel Varietas *Red Delicious (Malus sylvestris)*”, memberikan informasi sebagai berikut: Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari perubahan mutu fisik dan kimia buah apel varietas *Red Delicious (Malus sylvestris)* pada berbagai suhu penyimpanan. Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah vitamin C, total asam, pH, total zat terlarut, dan analisis sensori terhadap tekstur, warna, dan rasa. Penelitian ini dibagi dua, yaitu penelitian lapangan dan penelitian laboratorium. Hasil pengamatan lapangan menunjukkan bahwa buah apel diperdagangkan dengan menggunakan *show case* dengan suhu antara 1 sampai 5 °C, selanjutnya dengan suhu inilah penelitian laboratorium dilakukan. Hasil pengamatan laboratorium menunjukkan bahwa penyimpanan pada suhu stabil lebih baik daripada suhu fluktuasi (Bastian, Tawali, & Laga, 2004).

## METODOLOGI

### Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di sentra produksi sayuran dataran tinggi Puncak, Bogor dan Laboratorium Pangan IPB, Bogor. Penelitian dilakukan selama 7 (tujuh) bulan mulai bulan April sampai dengan Oktober 2010.

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Caisin (*Brassica campestris*) dan Pak Choi (*Brassica rapa*).

Alat yang digunakan adalah timbangan, chromameter yang digunakan untuk mengukur warna daun, lemari pendingin untuk menyimpan produk, rheometer untuk mengukur kekerasan sayuran, thermometer untuk mengukur suhu, serta alat pendukung untuk uji organoleptik.

### Prosedur Penelitian

Penelitian ini disusun secara faktorial dengan 2 faktor, faktor pertama yaitu perlakuan suhu *precooling* dengan air (*hydrocooling*) dengan 3 taraf yaitu A1 = air sumur (18 – 20 °C); A2 = air dingin (10 – 12 °C, campuran air sumur dengan es); A3 = dengan menggunakan air es pada kisaran suhu 4 – 6 °C. Faktor kedua adalah perlakuan suhu dengan 3 taraf yaitu B0 = suhu ruangan; B1 = 4 °C; dan B2 = 0 °C.

## Rancangan Percobaan

Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan 2 faktor dan 3 kali ulangan.

A = Perlakuan suhu *pre-cooling*

A1 = air sumur (18 – 20 °C)

A2 = air dingin (10 – 12 °C, campuran air sumur dengan es)

A3 = menggunakan air es dengan kisaran suhu 4 – 6 °C

B = Perlakuan suhu pengangkutan

B0 = suhu ruangan

B1 = 4 °C

B2 = 0 °C

Jumlah satuan percobaan adalah  $3 \times 3 \times 3 = 27$  unit. Model rancangan yang digunakan seperti yang dikemukakan oleh Aunuddin (2005), yaitu:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Keterangan :

$Y_{ijk}$  = respon tiap parameter yang diamati

$\mu$  = nilai rata-rata umum

$A_i$  = pengaruh perlakuan suhu *precooling*

$B_j$  = pengaruh perlakuan suhu *cold chain* (selama pengangkutan)

$(AB)_{ij}$  = pengaruh interaksi perlakuan suhu *pre-cooling* dan perlakuan suhu *cold chain*

$\epsilon_{ijk}$  = pengaruh galat percobaan

## Pengamatan dan Pengukuran

Parameter yang diamati adalah: (1) perubahan bobot; (2) perubahan kekerasan; (3) perubahan warna; dan (4) perubahan organoleptik.

### 1. Perubahan Bobot

Perubahan bobot dihitung berdasarkan penghitungan susut bobot yang dilakukan ketika sayuran sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan. Kehilangan bobot dapat dihitung dengan menimbang sayur di awal dan akhir setiap tahapan dan mengurangi hasil timbangan akhir dengan hasil timbangan awal. Untuk menghitung kehilangan bobot digunakan persamaan:

$$KB = W_{awal} - W_{akhir}$$

$$\text{Susut Bobot (\%)} = \frac{W_{awal} - W_{akhir}}{W_{awal}} \times 100\%$$

Dimana:

KB : kehilangan bobot, kg

$W_{awal}$  : berat awal, kg

$W_{akhir}$  : berat akhir, kg

### 2. Perubahan Kekerasan

Perubahan kekerasan dilakukan ketika sayuran sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan. Kekerasan diukur pada petiolnya dengan menggunakan Rheometer Model CR-3000 yang diset dengan *mode 20*, beban maksimum 2 kg, kedalaman penekanan 3 mm, kecepatan penurunan beban 60 mm/menit dan diameter *plunger* jarum 2.5 mm. Bahan ditekan pada 3 tempat

(pangkal, tengah, dan ujung petiol) dan hasil pengukuran dari ketiga bagian dirata-ratakan.

### **3. Perubahan Warna**

Perubahan warna dilakukan ketika sayuran sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan. Perubahan warna diukur dengan menggunakan alat *Chromameter* yang akan mendapatkan nilai L, a dan b. Sistem notasi warnanya dinyatakan dengan menggunakan sistem Hunter yang dicirikan dengan 3 parameter yaitu L, a dan b. Nilai L menyatakan kecerahan (cahaya pantul yang menghasilkan warna akromatik putih, abu-abu dan hitam) yang mempunyai nilai dari 0 (hitam) sampai 100 (putih). Nilai a menyatakan warna kromatik campuran merah – hijau dengan nilai +a dari 0 sampai 60 untuk warna merah dan -a dari 0 sampai -60 untuk warna hijau. Nilai b menyatakan warna kromatik campuran kuning – biru dengan nilai +b dari 0 sampai +60 untuk warna kuning dan nilai -b dari 0 samapai -60 untuk warna biru.

### **4. Perubahan Organoleptik**

Perubahan organoleptik dilakukan ketika sayuran sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan. Penilaian sensoris atau organoleptik dilakukan setelah perlakuan *pre-cooling* dan suhu rantai dingin (*cold chain*). Penilai (panel) yang digunakan dalam penelitian ini adalah “Panel Agak Terlatih” dengan jumlah 15 orang. Menurut Rahayu & Nurosiyah (2008), panel agak terlatih dapat dipilih dari kalangan terbatas dengan menguji kepekaannya terlebih dahulu dengan jumlah panel 15 – 25 orang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian pengaturan suhu rantai dingin ini dilakukan terhadap dua komoditas pertanian, yaitu Caisin (*Brassica campestris*) dan Pak Choi (*Brassica rapa*). Pengaturan suhu dilakukan pada sesaat setelah panen dan dilanjutkan selama pengangkutan hingga sampai ke tempat pengiriman dengan menyimpan dalam ruang berpendingin.

Selama proses pengaturan suhu tersebut, dua komoditas pertanian tersebut mengalami beberapa perubahan fisiologis. Namun untuk keperluan penelitian ini, hasil pengamatan yang dianalisis meliputi: (1) Hasil analisis terhadap perubahan bobot; (2) Hasil analisis terhadap perubahan kekerasan; (3) Hasil analisis terhadap perubahan warna; dan (4) Hasil analisis terhadap perubahan organoleptik.

### **Hasil Analisis terhadap Perubahan Bobot**

Caisin dan Pak Choi mengalami perubahan bobot ketika dilakukan perlakuan pengaturan suhu dalam penanganannya. Perubahan bobot yang diamati meliputi 3 selang waktu, yaitu: (1) Perubahan bobot mulai pengemasan hingga sampai ke tempat pengiriman; (2) Perubahan bobot mulai pengemasan hingga masa penyimpanan; dan (3) Perubahan bobot selama masa penyimpanan.

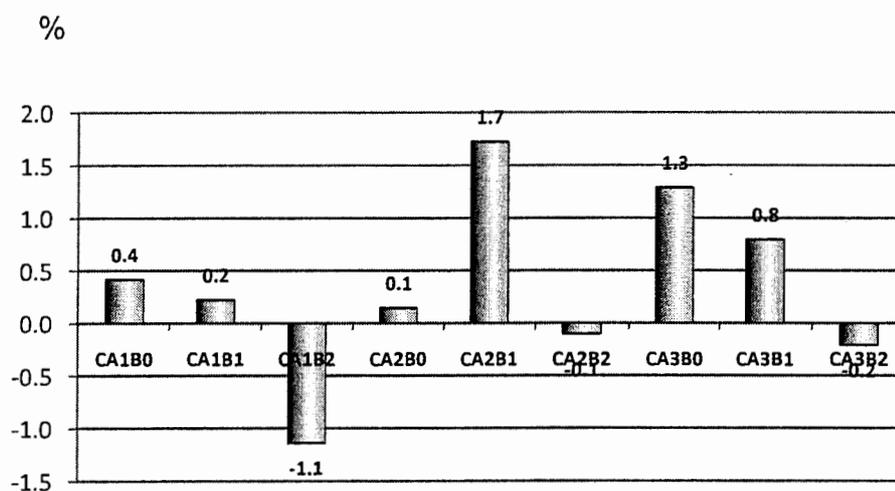
#### **Perubahan bobot mulai pengemasan hingga sampai ke tempat pengiriman**

Panjang waktu yang menyebabkan perubahan bobot yang dialami Caisin dan Pak Choi pada periode ini adalah sekitar 4 jam. Panjang waktu tersebut

diukur mulai dari pengemasan, memasukkan dalam kotak *styrofoam* hingga sayuran sampai ke tempat pengiriman. Perubahan bobot ditunjukkan dengan tanda yang berbeda, yaitu positif dan negatif. Perubahan bobot dengan tanda positif menunjukkan bahwa bobot Caisin atau Pak Choi mengalami penambahan bobot. Ada pun perubahan bobot dengan tanda negatif menunjukkan bahwa bobot Caisin atau Pak Choi mengalami pengurangan atau penyusutan bobot.

### Caisin

Dari Gambar 3 juga terlihat bahwa pada periode ini, sebagian besar perubahan bobot menunjukkan penambahan bobot. Namun pada perlakuan pengangkutan dengan suhu 0 °C menunjukkan penyusutan.



Gambar 3. Rata-rata perubahan bobot Caisin mulai pengemasan hingga sampai ke tempat pengiriman

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Purnama (2010) menunjukkan hal yang sama, yaitu beberapa komoditas sayuran mengalami penambahan bobot setelah dilakukan perlakuan penurunan suhu pada tahap awal. Purnama (2010)

memberikan penjelasan tentang penyebab penambahan bobot tersebut, yaitu kemungkinan karena adanya air yang berdifusi ke dalam sayuran serta air yang menempel dan turut terbawa pada sayuran. Menurut Made *et al.* (2007) dalam Purnama (2010) hasil penelitiannya menunjukkan terjadinya penambahan kadar air pada kangkung dan selada sebesar 5% sampai 8% untuk perendaman pada air dengan suhu 30 °C selama 5 menit.

Terjadinya penurunan bobot pada semua perlakuan pengangkutan dengan suhu 0 °C dapat dijelaskan seperti yang diutarakan oleh Wills *et al.*, 1998 dalam Made *et al.*, 2007 dalam Purnama (2010), yaitu tingginya kandungan air produk menyebabkan tekanan uap air dalam produk selalu dalam keadaan tinggi dan bila kelembaban udara atau tekanan uap air di udara rendah maka akan terjadi defisit tekanan uap air yang menyebabkan perpindahan air dari dalam produk ke udara sekitarnya. Bila sebaliknya, tekanan uap air di luar lingkungan produk lebih tinggi, maka akan terjadi pergerakan air dari luar ke dalam produk (Hardenberg *et al.*, 1986 dalam Made *et al.*, 2007 dalam Purnama, 2010).

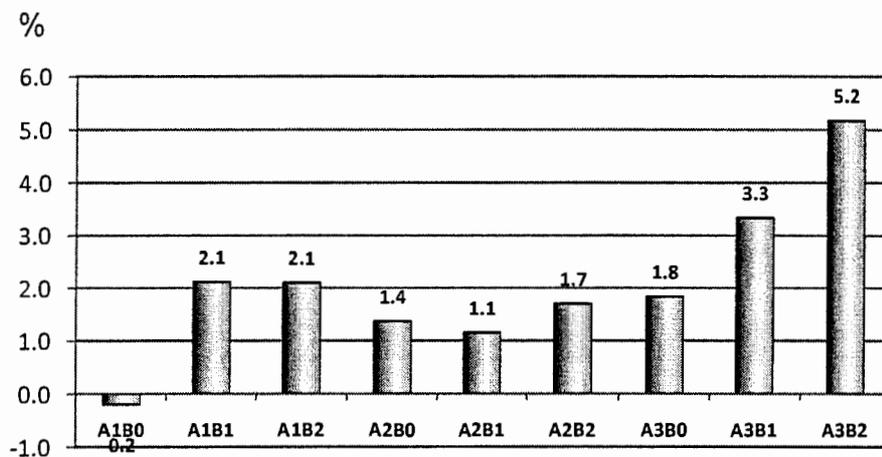
Walaupun hasil analisis ANOVA menunjukkan tidak adanya perbedaan yang nyata antar perlakuan (Lampiran 1), namun dari Gambar 3 terlihat bahwa perlakuan awal dengan air sumur ditambah es dan suhu pengangkutan 4 °C memberikan penambahan bobot terbesar (1.7%).

### **Pak Choi**

Untuk sayuran Pak Choi hampir semua perlakuan menunjukkan penambahan bobot, hanya sedikit (- 0.5 gram) mengalami penyusutan untuk perlakuan awal air sumur dan perlakuan pengangkutan dengan suhu ruang (Gambar

4). Penyebab tidak terjadinya penurunan bobot kemungkinan disebabkan oleh perbedaan sifat antara sayuran yaitu antara Caisin dan Pak Choi. Bahkan untuk Pak Choi penambahan tertinggi justru terjadi pada perlakuan yang membuat Caisin mengalami penurunan, yaitu pada perlakuan awal air es dan perlakuan pengangkutan pada suhu 0 °C.

Bila dilihat dari hasil analisis ANOVA (Lampiran 2), tidak satu pun perlakuan yang berbeda nyata. Bila dilihat dari kecenderungan, untuk perlakuan awal dengan menggunakan air es menunjukkan penambahan bobot terbesar. Berturut-turut untuk perlakuan pengangkutan suhu ruangan, 4 °C, dan 0 °C adalah 2.1%, 1.7%, dan 5.2% (Gambar 4).



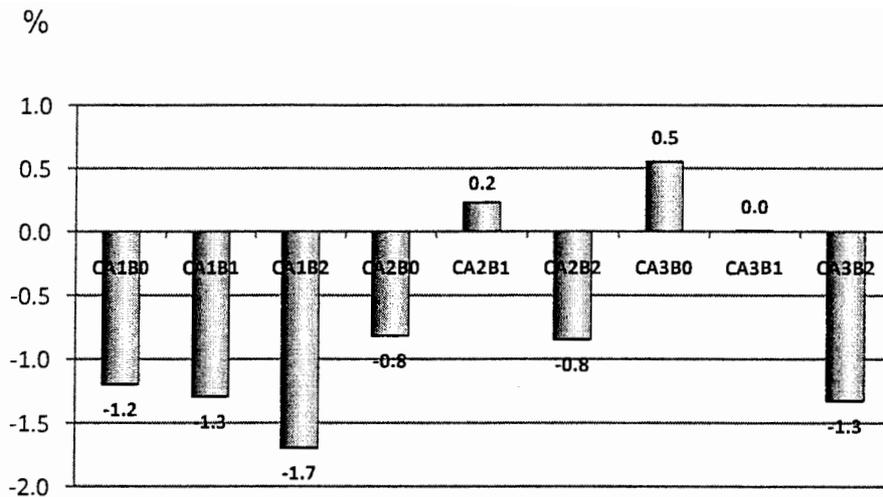
Gambar 4. Rata-rata perubahan bobot Pak Choi mulai pengemasan hingga sampai ke tempat pengiriman

### **Perubahan bobot mulai pengemasan hingga masa penyimpanan**

Panjang waktu yang menyebabkan perubahan bobot yang dialami Caisin dan Pak Choi pada periode ini adalah sekitar enam puluh empat jam: empat jam, untuk lama pengiriman ditambah enam puluh jam untuk masa penyimpanan. Panjang waktu tersebut diukur mulai dari pengemasan, memasukkan dalam kotak *styrofoam* hingga sayuran sampai ke tempat pengiriman ditambah dengan masa penyimpanan atau pemajangan bila di supermarket.

### **Caisin**

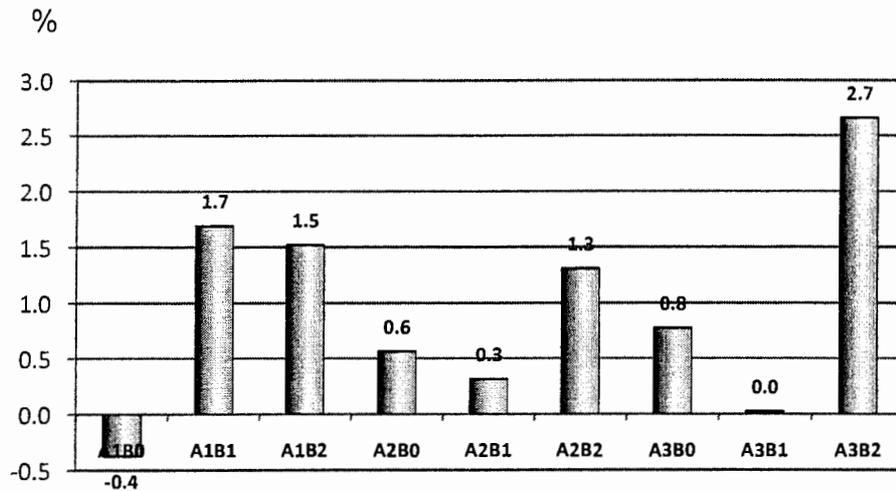
Jika persentase perubahan bobot Caisin yang ada pada Gambar 5 dibandingkan dengan Gambar 3 terlihat bahwa untuk semua perlakuan mengalami penyusutan, sekali pun untuk Caisin dengan perlakuan CA2B1 (perlakuan awal air ditambah es dan perlakuan pengangkutan dengan suhu 4 °C) dan CA3B0 (perlakuan awal air es dan perlakuan pengangkutan dengan suhu ruangan) masih bernilai positif. Penyusutan tersebut dapat dimengerti karena selama penyimpanan sayuran terus mengalami proses metabolisme dan penguapan. Hasil analisis ANOVA terhadap perubahan persentase bobot Caisin pada periode ini tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antar perlakuannya (Lampiran 3).



Gambar 5. Rata-rata perubahan bobot Caisin mulai pengemasan hingga masa penyimpanan

### Pak Choi

Sama halnya dengan Caisin, pada periode ini, bila dibandingkan antara Gambar 4 dan Gambar 6, Pak Choi juga mengalami penyusutan bobot. Namun demikian nilai perubahan bobot sebagian besar masih positif. Penyebab dari nilai nilai positif ini kemungkinan adalah bentuk fisik Pak Choi yang lebih ‘gemuk’ bila dibandingkan dengan Caisin. Dengan demikian dimungkinkan untuk menyimpan cairan lebih lama. Dari Lampiran 4 terlihat bahwa hasil analisis ANOVA terhadap perubahan persentase bobot Pak Choi pada periode ini tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antar perlakuannya. Namun dari Gambar 6 terlihat bahwa untuk perlakuan A3B2 (perlakuan awal air es dan perlakuan pengangkutan dengan suhu 0°C) masih menunjukkan sedikit mengalami penyusutan. Penyebabnya kemungkinan kondisi fisik Pak Choi mampu menahan air pada perlakuan suhu dingin dengan baik.



Gambar 6. Rata-rata perubahan bobot Pak Choi mulai pengemasan hingga masa penyimpanan

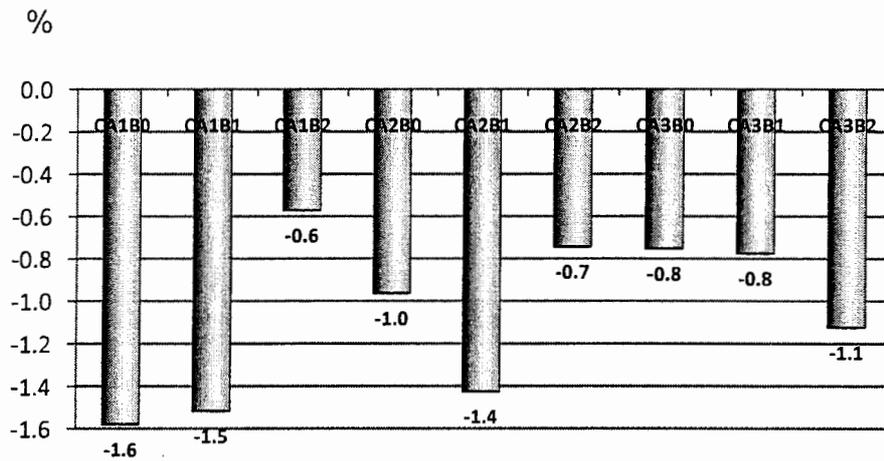
### **Perubahan bobot dari ketika sampai ke tempat pengiriman hingga masa penyimpanan**

Pada periode ini, panjang waktu yang menyebabkan perubahan bobot yang dialami Caisin dan Pak Choi adalah sekitar enam puluh jam. Panjang waktu tersebut diukur dari sejak sayuran sampai di tempat pengiriman hingga masa penyimpanan atau pemajangan bila di supermarket.

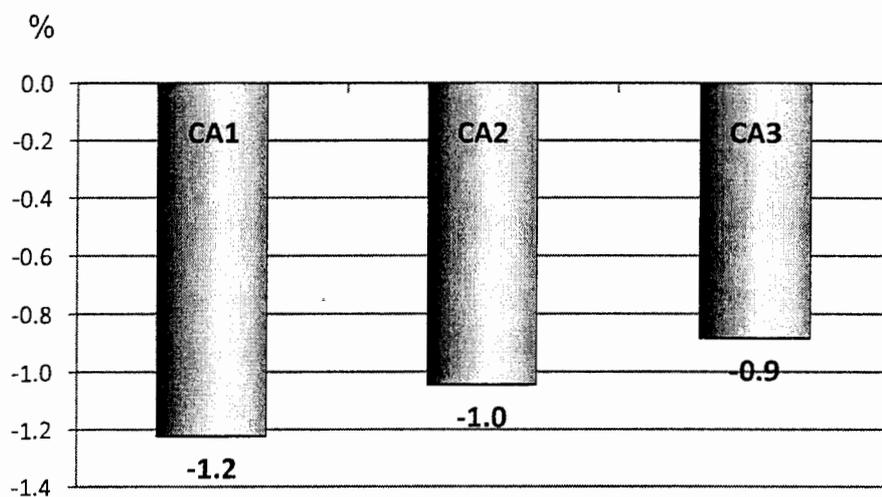
### **Caisin**

Selama masa penyimpanan, Caisin mengalami penurunan bobot (penyusutan) untuk semua perlakuan (Gambar 7). Pola penyusutan yang terjadi adalah semakin berkurang untuk perlakuan awal yang semakin dingin (Gambar 8). Pola ini menunjukkan bahwa perlakuan awal yang semakin dingin untuk Caisin mampu menekan penurunan bobot. Untuk semua perlakuan, hasil analisis

ANOVA terhadap persentase perubahan bobot Caisin mulai dari saat sampai di tempat pengiriman hingga masa penyimpanan menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang nyata (Lampiran 5).



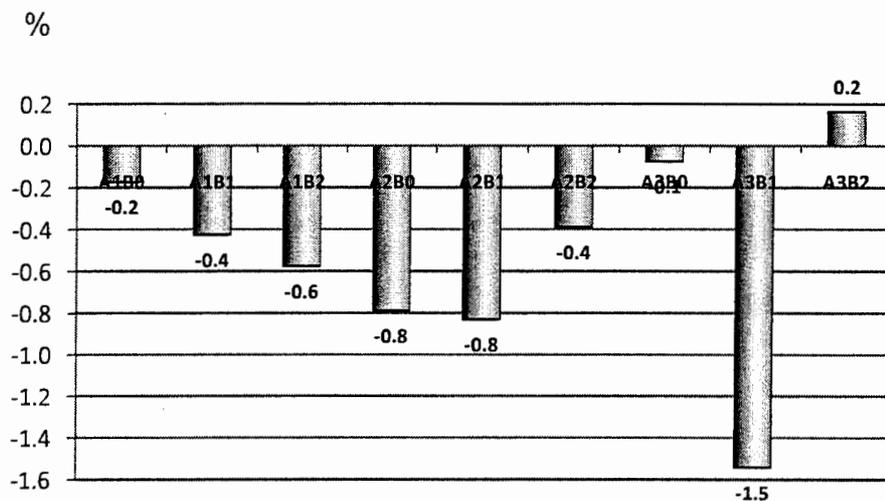
Gambar 7. Rata-rata perubahan bobot Caisin selama masa penyimpanan



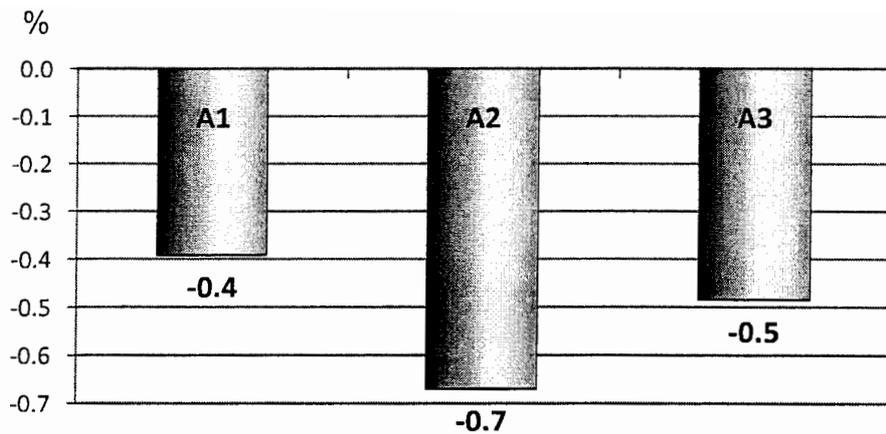
Gambar 8. Rata-rata perubahan bobot Caisin untuk perlakuan awal selama masa penyimpanan

## Pak Choi

Seperti halnya dengan Caisin, Pak Choi pada periode ini sebagian besar mengalami penyusutan bobot (Gambar 9). Namun, pada Gambar 10 menunjukkan pola yang berbeda dengan Caisin bila dilihat berdasarkan perlakuan awal saja. Pada Caisin, selama masa penyimpanan justru pada perlakuan awal dengan air sumur menunjukkan penyusutan yang paling kecil. Dengan demikian, hal ini menunjukkan bahwa sifat Pak Choi adalah mudah kehilangan air selama penyimpanan bila perlakuan awal menggunakan air yang lebih dingin tetapi akan menurun lagi penyusutannya bila suhu air lebih dingin lagi (air es). Untuk analisis ANOVA, ternyata semua perlakuan pada periode ini tidak menunjukkan perbedaan yang nyata (Lampiran 6).



Gambar 9. Rata-rata perubahan bobot Pak Choi selama masa penyimpanan



Gambar 10. Rata-rata perubahan bobot Pak Choi selama masa penyimpanan berdasarkan perlakuan awalnya

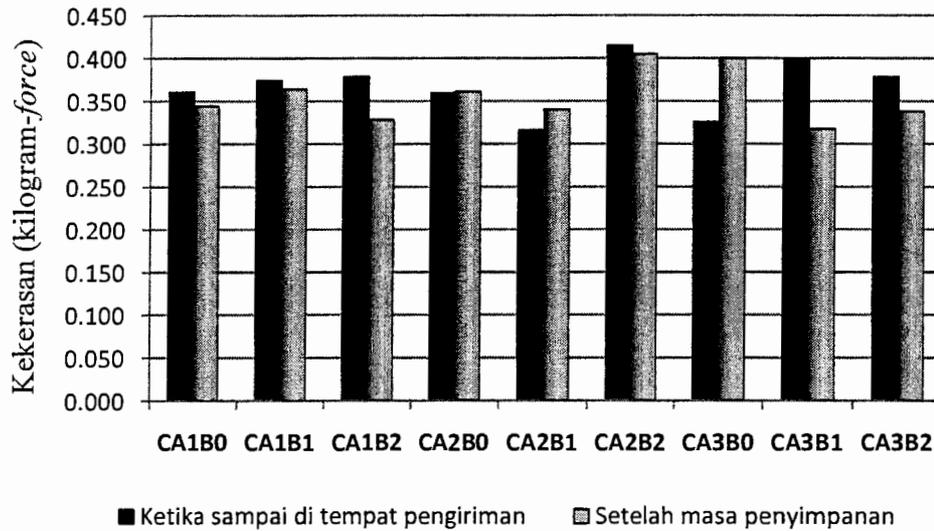
### Hasil Analisis terhadap Perubahan Kekerasan

Pengukuran kekerasan Caisin dan Pak Choi dilakukan sesaat setelah sayuran sampai di tempat tujuan hingga sekitar 60 jam kemudian setelah sayuran mengalami masa penyimpanan. Sayur segar akan memberi nilai kekerasan lebih tinggi daripada sayur layu.

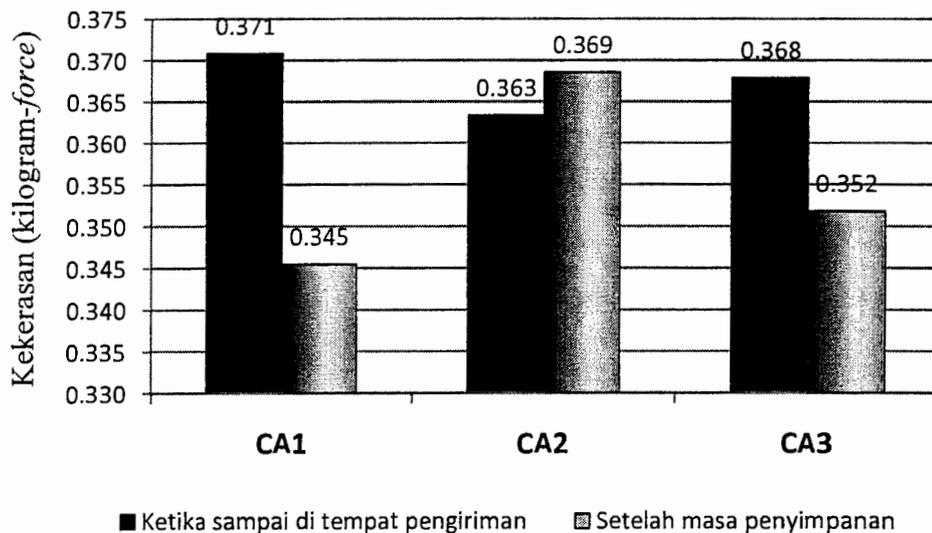
#### Caisin

Hasil analisis ANOVA terhadap pengukuran kekerasan Caisin setelah sampai di tempat pengiriman dan masa penyimpanan menunjukkan bahwa antar perlakuan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan (Lampiran 7 dan 9). Tapi bila dilihat dari Gambar 11, 12, dan 13 masih dapat dilihat adanya perbedaan. Dari Gambar 12 terlihat bahwa perlakuan awal dengan menggunakan air sumur dan air es menunjukkan nilai kekerasan yang sama-sama menurun setelah masa penyimpanan tetapi penggunaan air sumur memberikan penurunan

kekerasan yang lebih besar. Untuk perlakuan awal dengan menggunakan air sumur ditambah es justru menunjukkan kekerasan yang lebih besar setelah masa penyimpanan walaupun kekerasan ketika sampai di tempat pengiriman paling kecil.

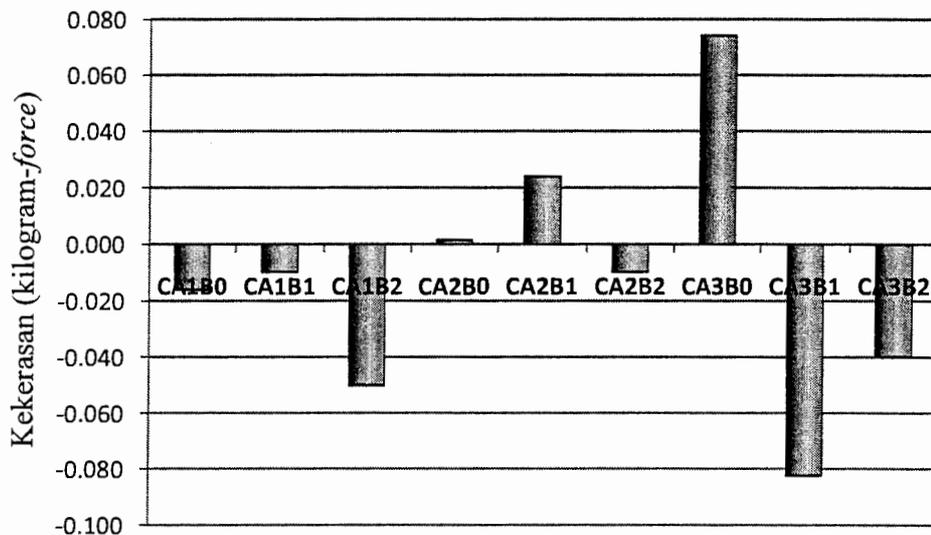


Gambar 11. Rata-rata kekerasan Caisin ketika sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan



Gambar 12. Rata-rata kekerasan Caisin ketika sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan berdasarkan perlakuan awalnya

Dari Gambar 13 terlihat bahwa untuk Caisin ternyata penggunaan suhu 0 °C dalam pengangkutan memberikan penurunan kekerasan. Ada pun peningkatan kekerasan terjadi pada perlakuan pengangkutan dengan suhu ruangan dan 4 °C dan peningkatan tertinggi terjadi pada perlakuan awal dengan air es dan perlakuan pengangkutan dengan suhu ruangan.

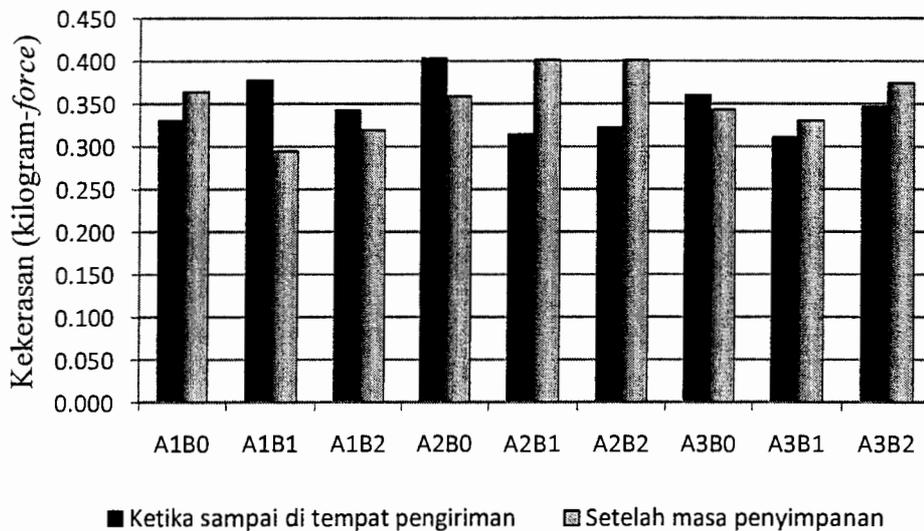


Gambar 13. Rata-rata perubahan kekerasan Caisin mulai dari ketika sampai di tempat pengiriman hingga setelah masa penyimpanan

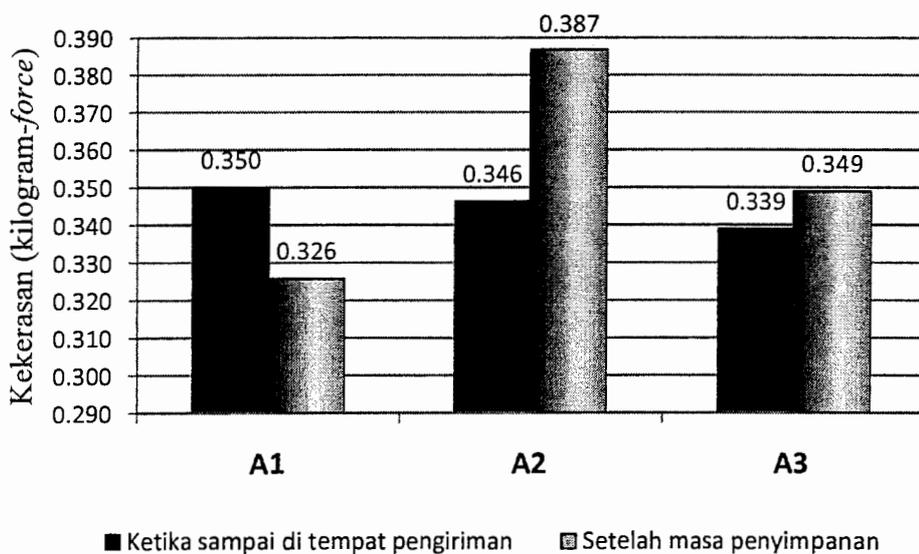
### Pak Choi

Berdasarkan analisis ANOVA terhadap pengukuran kekerasan Pak Choi, hasilnya menunjukkan bahwa, setelah sampai di tempat pengiriman dan masa penyimpanan, antar perlakuan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan (Lampiran 8 dan 10). Namun kalau dilihat dari Gambar 14, 15, dan 16, perbedaan tersebut masih nampak. Untuk Pak Choi, ternyata perlakuan awal yang lebih dingin daripada air sumur memberikan hasil rata-rata kekerasan yang

meningkat setelah masa penyimpanan (Gambar 14 dan 15). Rata-rata peningkatan terbesar terjadi pada perlakuan awal dengan menggunakan air ditambah es, yaitu sebesar 0.041 kilogram *force* (Gambar 15).

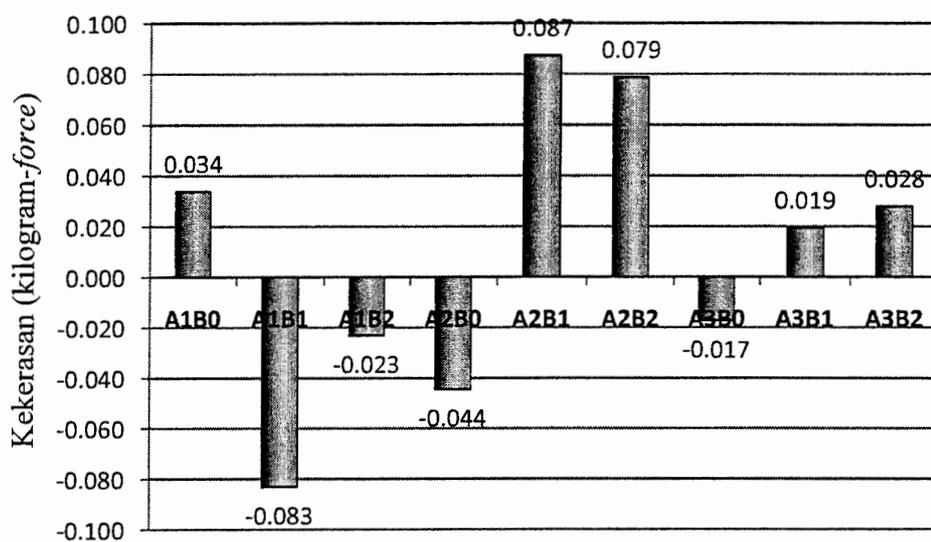


Gambar 14. Rata-rata kekerasan Pak Choi ketika sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan



Gambar 15. Rata-rata kekerasan Caisin ketika sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan berdasarkan perlakuan awalnya

Selanjutnya dari informasi pada perlakuan awal dengan menggunakan air ditambah es yang diperoleh dari Gambar 15 tersebut di atas bila dilihat dari Gambar 16, ternyata yang meningkat kekerasannya adalah pada perlakuan pengangkutan dengan suhu 4 dan 0 °C. Ada pun besar peningkatan kekerasan tersebut untuk suhu pengangkutan 4 dan 0 °C berturut-turut 0.087 dan 0.079 kilogram *force*.



Gambar 16. Rata-rata perubahan kekerasan Pak Choi mulai dari ketika sampai di tempat pengiriman hingga setelah masa penyimpanan

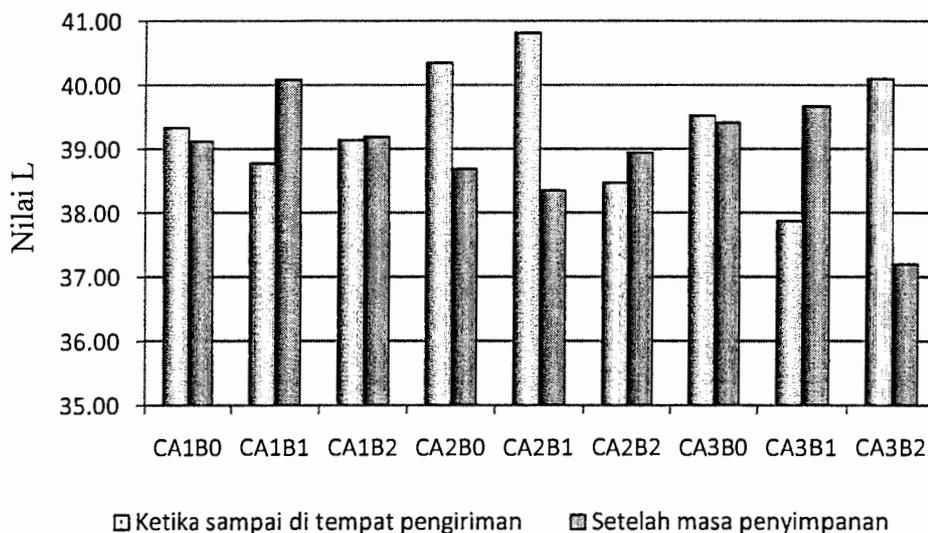
### Hasil Analisis terhadap Perubahan Warna

Pengukuran terhadap warna Caisin dan Pak Choi menghasilkan nilai L, a, dan b. Nilai L menunjukkan kecerahan dengan rentang nilai 0 (hitam) sampai dengan 100 (putih). Nilai a menunjukkan warna kromatik campuran merah – hijau dengan nilai +a dari 0 sampai 60 untuk warna merah dan –a dari 0 sampai –60 untuk warna hijau. Nilai b menunjukkan warna kromatik campuran kuning –

biru dengan nilai +b dari 0 sampai +60 untuk warna kuning dan nilai -b dari 0 sampai -60 untuk warna biru.

### Caisin

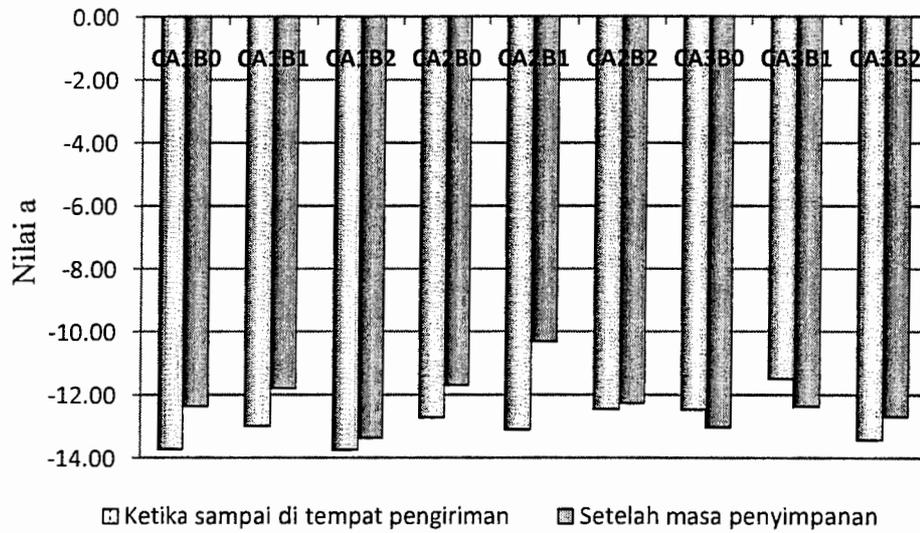
Perubahan kecerahan yang ditunjukkan oleh nilai L sejak Caisin sampai di tempat tujuan hingga selama masa penyimpanan, tidak menunjukkan perbedaan yang berarti. Hal ini ditunjang juga dari hasil analisis ANOVA (Lampiran 11 dan 17). Nilai kecerahan hanya mengalami sedikit penurunan yaitu dari 39.37 ke 38.96, atau dengan kata lain warna Caisin sedikit berubah kearah lebih gelap. Secara umum, fakta tersebut juga dapat dilihat dari Gambar 17.



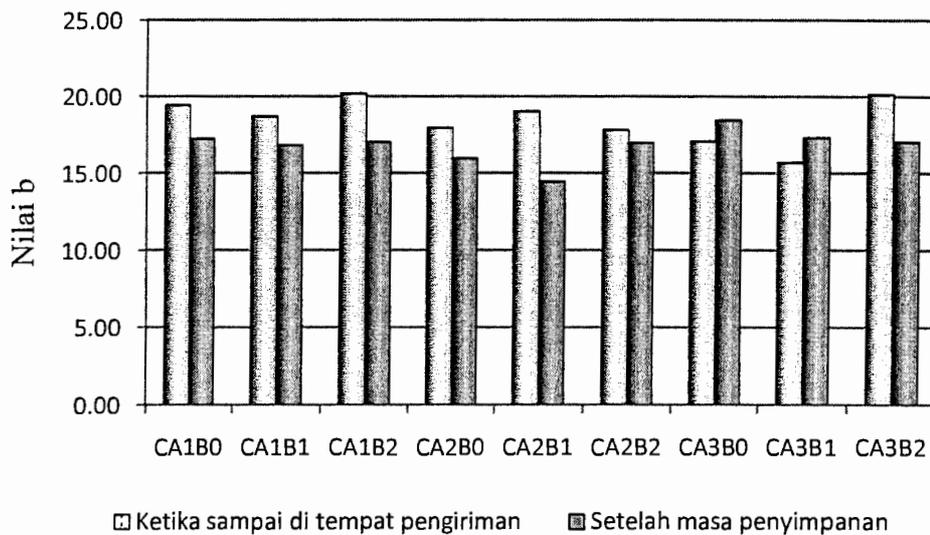
Gambar 17. Rata-rata nilai L Caisin ketika sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan

Nilai a yang diperoleh Caisin, secara umum, menunjukkan perubahan ke arah warna hijau yang semakin berkurang setelah masa penyimpanan (nilai a yang menjadi lebih besar) (Gambar 18). Perubahan nilai a adalah dari -12.91

ketika Caisin sampai di tempat pengiriman kemudian menjadi -12.21 setelah masa penyimpanan. Walaupun terjadi perubahan namun perubahan ini tidak signifikan, yaitu seperti yang diperoleh dari hasil analisis ANOVA-nya (Lampiran 12 dan 18).



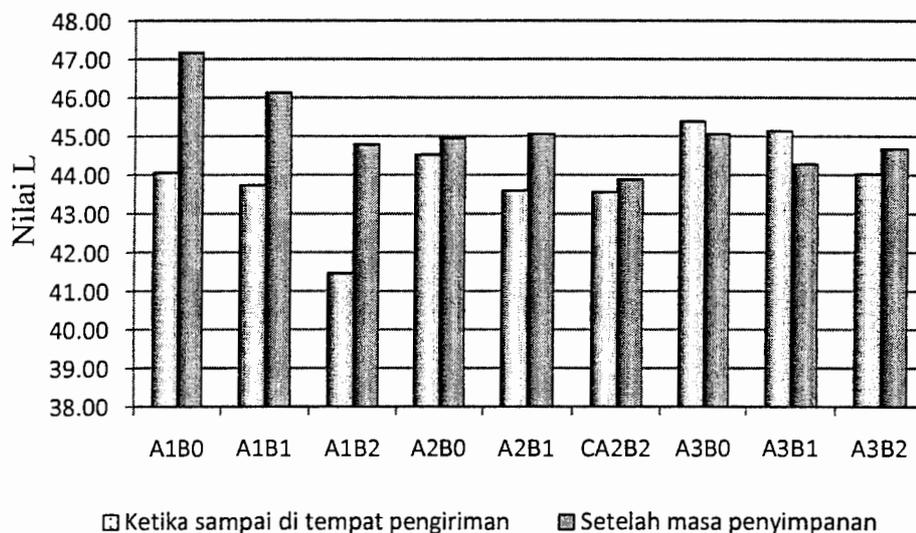
Gambar 18. Rata-rata nilai a Caisin ketika sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan



Gambar 19. Rata-rata nilai b Caisin ketika sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan

## Pak Choi

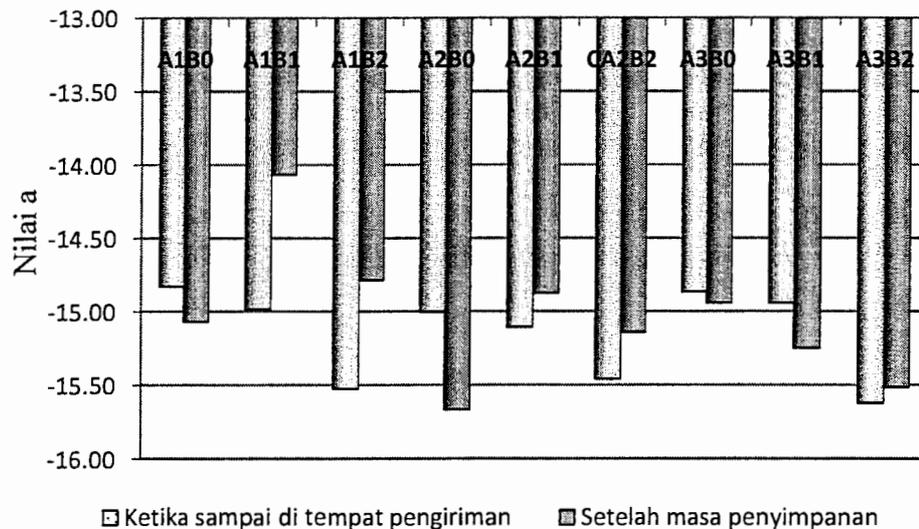
Berbeda dengan Caisin, Pak Choi secara umum menunjukkan nilai L yang semakin meningkat setelah masa penyimpanan (Gambar 21). Nilai L Pak Choi meningkat dari 43.94 menjadi 45.10. Hal ini menunjukkan bahwa dibandingkan ketika baru sampai di tempat pengiriman dengan setelah masa penyimpanan, Pak Choi sedikit berubah menjadi lebih cerah. Di sini dikatakan sedikit berubah karena pada kenyataannya hasil analisis ANOVA tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan yang diberikan (Lampiran 14 dan 20).



Gambar 21. Rata-rata nilai L Pak Choi ketika sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan

Tidak berbeda halnya dengan Caisin, jika nilai a Pak Choi dibandingkan antara ketika sampai di tempat pengiriman dengan setelah masa penyimpanan secara umum mengalami perubahan menjadi lebih besar (Gambar 22). Dengan kata lain, perubahan tersebut menunjukkan bahwa warna hijau Pak Choi menjadi berkurang. Besar nilai a yang berubah tersebut adalah dari -15.15 ketika sampai

di tempat pengiriman berubah menjadi -15.04 setelah masa penyimpanan. Perubahan tersebut tidak terlalu besar dan ini sesuai dengan hasil analisis ANOVA yang memberikan hasil nilai a tidak nyata untuk semua perlakuan yang diberikan (Lampiran 15 dan 21).



Gambar 22. Rata-rata nilai a Pak Choi ketika sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan

Secara umum perubahan nilai b Pak Choi adalah seperti yang terlihat pada Gambar 23. Bila dilihat dari hasil analisis ANOVA (Lampiran 16 dan 22) nilai b Pak Choi memang menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata untuk setiap perlakuan yang diberikan, namun nilai mutlaknya masih menunjukkan adanya suatu perubahan. Nilai b Pak Choi berubah dari 23.93, yaitu ketika Pak Choi sampai di tempat pengiriman, menjadi 24.40 (yaitu setelah masa penyimpanan). Berbeda dengan Caisin, perubahan nilai b menjadi lebih besar setelah masa penyimpanan. Hal ini menunjukkan bahwa pada akhir masa penyimpanan warna Pak Choi berubah menjadi lebih kuning.

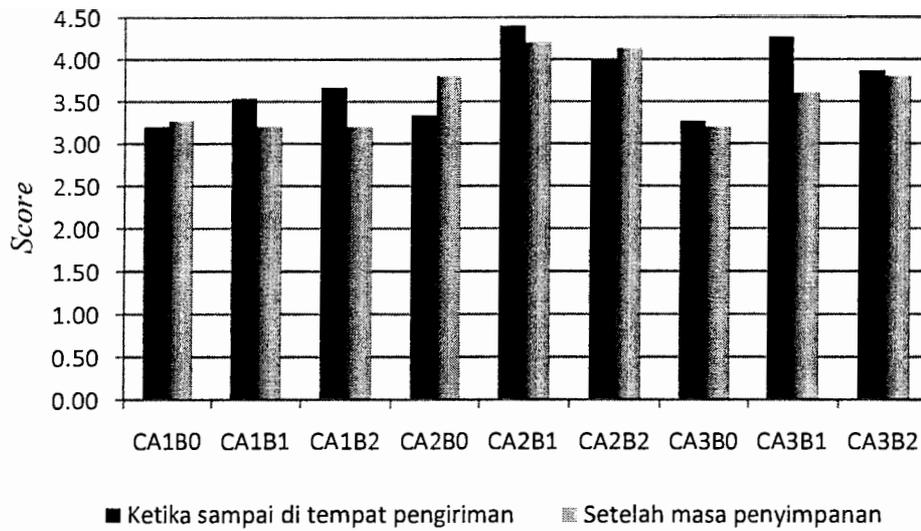
seperti pada Gambar 24a dan 24b. Setelah masa penyimpanan, warna Pak Choi bergeser agak ke arah luar dari warna yang ada di pusat lingkaran.

### **Hasil Analisis terhadap Perubahan Organoleptik**

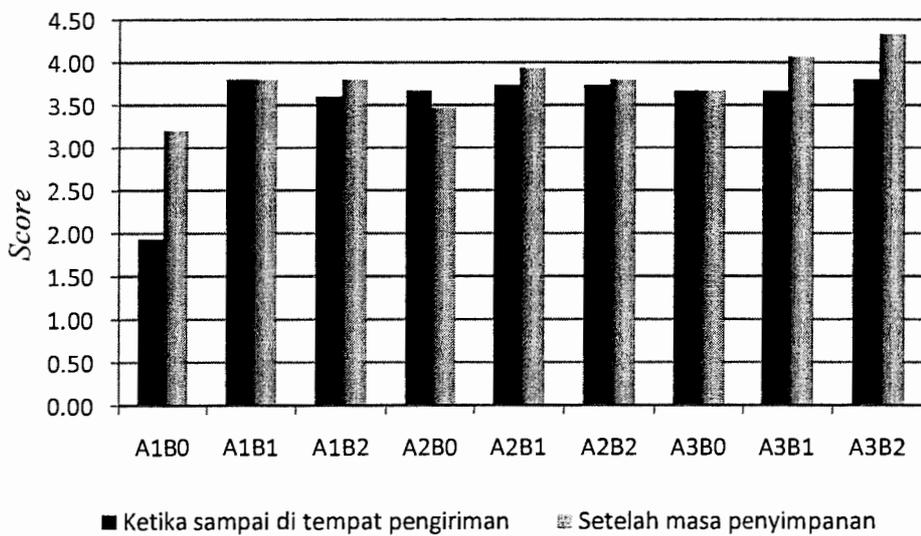
Penilaian organoleptik Caisin dan Pak Choi dilakukan oleh panelis semi terlatih. Mereka diminta untuk memberi penilaian dengan kriteria suka dengan nilai 5, agak suka dengan nilai 4, biasa/netral dengan nilai 3, kurang suka dengan nilai 2, dan tidak suka dengan nilai 1. Penilaian organoleptik terhadap Caisin dan Pak Choi tersebut dilakukan sebanyak 2 kali, yaitu ketika sayuran sampai di tempat pengiriman dan setelah sayuran mengalami masa penyimpanan.

#### **Caisin**

Nilai Organoleptik Secara Umum untuk Caisin pada dasarnya menunjukkan hasil yang lebih rendah setelah masa penyimpanan (Gambar 25). Hal ini menunjukkan bahwa panelis lebih menyukai Caisin yang baru sampai dibandingkan dengan yang telah mengalami masa penyimpanan. Caisin yang paling disukai adalah Caisin dengan perlakuan awal menggunakan air sumur dicampur es dan selama pengangkutan dengan menggunakan suhu 4 °C. Hal ini berlaku baik bagi Caisin yang baru sampai di tempat pengiriman maupun yang telah mengalami masa penyimpanan. Nilai tersebut besarnya adalah 4.40 untuk Caisin ketika sampai di tempat pengiriman dan 4.20 untuk Caisin setelah masa penyimpanan.



Gambar 25. Rata-rata 'nilai organoleptik secara umum' untuk Caisin ketika sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan



Gambar 26. Rata-rata 'nilai organoleptik secara umum' untuk Pak Choi ketika sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan

## **Pak Choi**

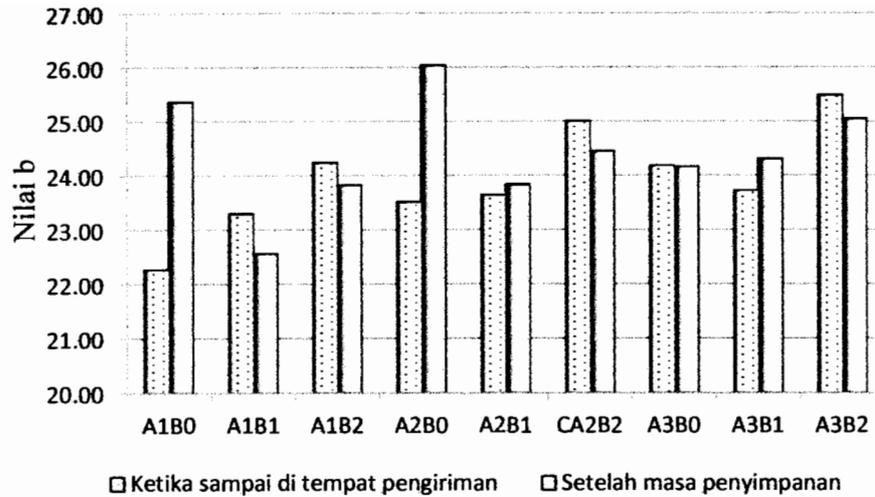
Dari Gambar 26 terlihat bahwa para panelis pada dasarnya lebih menyukai Pak Choi yang telah mengalami masa penyimpanan. Hal ini ditunjukkan oleh nilai Organoleptik Secara Umum terhadap Pak Choi yang pada dasarnya lebih besar ketika Pak Choi mengalami masa penyimpanan bila dibandingkan dengan yang baru sampai. Baik untuk Pak Choi yang baru sampai di tempat pengiriman maupun yang telah mengalami masa penyimpanan, Nilai Organoleptik Secara Umum terbesar terjadi untuk perlakuan awal dengan air es dan perlakuan selama pengangkutan dengan suhu 0 °C. Besar Nilai Organoleptik Secara Umum berturut-turut adalah 3.51 dan 3.79 untuk Pak Choi ketika sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan.

## SIMPULAN DAN SARAN

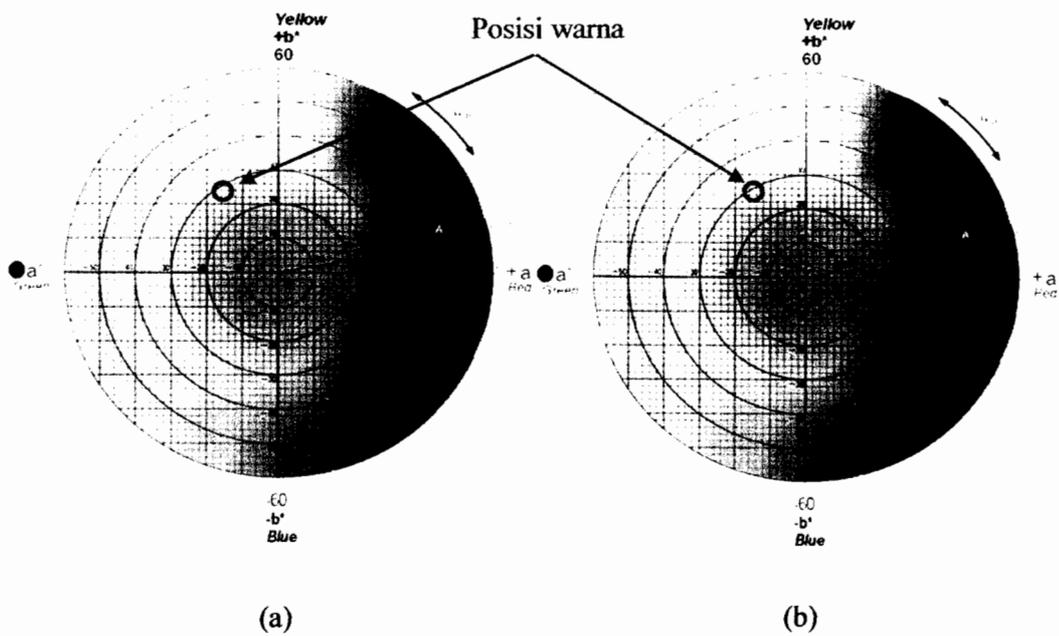
### Simpulan

Dari hasil analisis terhadap parameter yang diamati maka dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis ANOVA menunjukkan bahwa semua perlakuan memberikan hasil yang tidak nyata.
2. Hasil analisis terhadap perubahan bobot untuk Caisin dan Pak Choi menunjukkan bahwa perubahan bobot mulai:
  - a. Pengemasan hingga sampai ke tempat pengiriman umumnya mengalami penambahan bobot, untuk:
    - Caisin, penambahan terbesar terjadi pada perlakuan awal dengan air sumur ditambah es dan suhu pengangkutan  $4^{\circ}\text{C}$ , yaitu rata-rata sebesar 1.7%.
    - Pak Choi, penambahan terbesar terjadi pada perlakuan awal dengan air es dan suhu pengangkutan  $0^{\circ}\text{C}$ , yaitu rata-rata sebesar 5.2%.
  - b. Pengemasan hingga masa penyimpanan untuk Caisin dan Pak Choi menunjukkan bahwa pada umumnya mengalami penyusutan.
  - c. Ketika sampai di tempat pengiriman hingga masa penyimpanan untuk Caisin dan Pak Choi mengalami penyusutan.
3. Hasil analisis terhadap perubahan kekerasan:
  - a. Untuk Caisin menunjukkan bahwa perlakuan awal dengan menggunakan air sumur ditambah es dan pada perlakuan pengangkutan dengan suhu  $4^{\circ}\text{C}$  menunjukkan kekerasan yang lebih besar setelah masa penyimpanan.



Gambar 23. Rata-rata nilai b Pak Choi ketika sampai di tempat pengiriman dan setelah masa penyimpanan



Gambar 24. Warna Pak Choi ketika sampai di tempat pengiriman (a) dan setelah masa penyimpanan (b)

Bila perubahan warna yang diperoleh dari nilai a dan nilai b dikombinasikan dan diplot ke dalam lingkaran warna standar maka akan terlihat

- b. Untuk Pak Choi, perlakuan awal yang lebih dingin daripada air sumur memberikan hasil rata-rata kekerasan yang meningkat setelah masa penyimpanan.
4. Hasil analisis terhadap perubahan warna dilihat dari:
- a. Nilai L (nilai kecerahan) menunjukkan bahwa sejak sampai di tempat tujuan hingga selama masa penyimpanan, untuk:
- Caisin sedikit berubah kearah lebih gelap, atau nilai L mengalami penurunan, yaitu dari rata-rata 39.37 menjadi 38.96.
  - Pak Choi sedikit berubah menjadi lebih cerah, atau nilai L mengalami peningkatan, yaitu dari rata-rata 43.94 menjadi 45.10.
- b. Nilai a, secara umum baik Caisin maupun Pak Choi menunjukkan perubahan ke arah warna hijau yang semakin berkurang setelah masa penyimpanan, yaitu untuk:
- Caisin dari rata-rata -12.91 ke -12.21.
  - Pak Choi dari rata-rata -15.15 ke -15.04.
- c. Nilai b untuk:
- Caisin cenderung menunjukkan warna kuning yang berkurang setelah masa penyimpanan, yaitu dari rata-rata nilai 18.43 ke 16.79.
  - Pak Choi cenderung menunjukkan warna kuning yang bertambah setelah masa penyimpanan, yaitu dari rata-rata 23.93 menjadi 24.40.
- d. Kombinasi nilai a dan nilai b, bila dilihat dari saat kedatangannya di tempat tujuan hingga masa penyimpanan, diperoleh hasil bahwa untuk:
- Caisin terjadi sedikit pergeseran ke arah warna yang ada di pusat lingkaran.

- Pak Choi terjadi sedikit pergeseran ke arah luar dari warna yang ada di pusat lingkaran.
5. Hasil analisis terhadap perubahan organoleptik dengan mengukur ‘Nilai Organoleptik Secara Umum’, untuk:
- a. Caisin pada dasarnya menunjukkan hasil yang lebih rendah setelah masa penyimpanan dan yang paling disukai adalah Caisin dengan perlakuan awal menggunakan air sumur dicampur es dan selama pengangkutan dengan menggunakan suhu 4 °C, yaitu dengan dengan nilai rata-rata 4.40.
  - b. Pak Choi menunjukkan hasil yang lebih tinggi setelah masa penyimpanan dan paling disukai adalah Pak Choi dengan perlakuan awal dengan air es dan perlakuan selama pengangkutan dengan suhu 0 °C, yaitu nilai rata-rata 3.79.

### **Saran**

Untuk keperluan revisi Buku Materi Pokok ‘Pengetahuah Bahan Pangan Nabati (PANG4211)’ dan ‘Penanganan dan Pengolahan Hasil Hortikultura (PANG4226)’, agar informasi yang diberikan lebih lengkap, penelitian mengenai penanganan pasca panen dengan rantai dingin tersebut dapat diperluas dengan melibatkan jenis-jenis sayuran lain yang juga banyak dikonsumsi masyarakat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aunuddin. (2005). *Statistika: Rancangan dan Analisis Data*. Bogor: IPB Press.
- Bastian, F., Tawali, A.B., & Laga, A. (2004). *Mempelajari Pengaruh Suhu Penyimpanan Terhadap Mutu Buah Apel Varietas Red Delicious (Malus sylvestris)*. Disajikan pada Seminar Hasil Penelitian, pada hari Rabu, 29 Desember 2004. di laboratorium Rekayasa Pangan, Jurusan Teknologi Pertanian UNHAS. Makasar: UNHAS.
- Dewi, A. (2008). *Pengaruh Hydrocooling dan Pengemasan terhadap Mutu Pak Choi (Brassica rapa var. Chinensis) Selama Transportasi Darat* [Tesis]. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Hapsari, B. (2002). Sayuran Genjah Bergelimang Rupiah. *Trubus* 33(396) : 30-31. Jakarta.
- Haryanto, E.; Suhartini, T.; & Rahayu E. (2001). *Sawi dan Selada*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Haryanto, E.; Suhartini, T.; Rahayu E.; Sumarjono, H. (2003). *Sawi dan Selada*. Jakarta; Penebar Swadaya.
- Haryanto, E.; Suhartini, T.; Rahayu E.; Sumarjono, H. (2007) *Sawi dan Selada* (Edisi Revisi). Jakarta; Penebar Swadaya.
- Jatisukarta, P.A. (2004). *Pengaruh Penundaan Pre-cooling terhadap Mutu Sayuran Leaks Selama Penyimpanan pada Kotak Styrofoam Berisi Es Curah* [Skripsi Sarjana]. Bali: Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana.
- Kitinoja, L. & Kader, A.A. (2002). *Praktek-praktek Penanganan Pascapanen Skala Kecil : Manual Untuk Produk Hortikultura* (Edisi ke-4). Postharvest Horticulture Series No. 8. Penerjemah; I Made S.Utama. Denpasar: Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana. Retrieved 9 November 2010, from <http://postharvest.ucdavis.edu/datastorefiles/234-1198.pdf>.
- Lembar Informasi Pertanian. (2011). *Bercocok tanam sawi (caisin)*. Retrieved 17 Oktober 2010, from [www.penyuluhthl.wordpress.com](http://www.penyuluhthl.wordpress.com)
- Muchtadi, T.R. (2006). *Buku Materi Pokok PANG4211: Pengetahuan Bahan Pangan Nabati*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Muchtadi, T.R. (2007). *Buku Materi Pokok PANG4226: Penanganan dan Pengolahan Hasil Hortikultura*. Jakarta: Universitas Terbuka.

- Purnama, M.K. (2010). *Optimasi Rantai Dingin dan Penjadwalan Kirim Untuk Peningkatan Ekspor Sayuran* (Studi Kasus Unit Prosesing Sayuran Dataran Rendah di Pekanbaru Riau) [Thesis]. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Rahayu, W.P., & Nurosiyah, S. (2008). *Buku Materi Pokok PANG4323: Evaluasi Sensori*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Rukmana, R. (2009). *Bertanam Petsai & Sawi*. Jakarta: Kanisius.
- Safaryani, N., Haryanti, S., & Hastuti, E.D. (2007). *Pengaruh Suhu dan Lama Penyimpanan terhadap Penurunan Kadar Vitamin C Brokoli (Brassica oleracea L)*. Laboratorium Biologi Struktur dan Fungsi Tumbuhan Jurusan Biologi FMIPA UNDIP. Buletin Anatomi dan Fisiologi Vol. XV, No.2, Oktober 2007. Semarang: UNDIP.
- Tawali, A.B. (2004). *Pengaruh Suhu Penyimpanan Terhadap Mutu Buah-Buahan Impor yang Dipasarkan di Sulawesi Selatan*. Laporan Akhir Proyek Rantai Pendingin Indonesia Program Penelitian Pasca Panen, Kerjasama Indonesia *Cold Chain Project* dengan Jurusan Teknologi Pertanian Fapertahut UNHAS. Makasar: UNHAS.
- Utama, I.M.S. (2001). *Penanganan Pascapanen Buah dan Sayuran Segar*. Makalah dibawakan pada “Forum Konsultasi Teknologi” Dinas Pertanian Tanaman Pangan Provinsi Bali, di Hotel Puri Bali Utama Denpasar Tgl 21 Nopember 2001.
- Utama, I.M.S., Nocianitri, K.A., & Pudja, I.A.R.P. (2007). *Pengaruh Suhu Air dan Lama Waktu Perendaman Beberapa Jenis Sayuran Daun pada Proses Crisping*. *Agritrop*, 26 (3) : 117 - 123 (2007). Fakultas Pertanian Universitas Udayana. Denpasar: Univaersitas Udayana.
- Utama, I.M.S. (2009). *Pentingnya Rantai Pendingin dan Teknologi Praktis Pasca Panen Bagi Pengembangan Hortikultura di Indonesia*. Disampaikan pada “Seminar Nasional dan Gelar Teknologi PERTETA, Mataram 8 – 9 Agustus 2009. Peran Teknik Pertanian dalam Pengembangan Agroindustri Berbasis Bahan Baku Lokal”. Pusat Penelitian dan Pengkajian Buah-buahan Tropika, Universitas Udayana
- Utama, I.M.S. (2010). *Pentingnya Rantai Pendingin dan Teknologi Praktis Pascapanen bagi Perkembangan Hortikultura di Indonesia*. Retrieved 5 Oktober 2010, from [http://staff.unud.ac.id/~madeutama/wpcontent/uploads/2010/06/recovered\\_word\\_365.pdf](http://staff.unud.ac.id/~madeutama/wpcontent/uploads/2010/06/recovered_word_365.pdf)
- Wikipedia. (2009). *Cold Chain*. Retrieved 10 Desember 2009, from [http://en.wikipedia.org/wiki/cold\\_chain#cite\\_note-1](http://en.wikipedia.org/wiki/cold_chain#cite_note-1)

Wikipedia. (2011). *Brassica rapa*. Retrieved 7 Oktober 2010, from [http://id.wikipedia.org/wiki/Brassica\\_rapa](http://id.wikipedia.org/wiki/Brassica_rapa)

## LAMPIRAN 1

### Hasil analisis ANOVA terhadap persentase perubahan bobot Caisin mulai pengemasan hingga sampai ke tempat pengiriman

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	CA1	CA2	CA3	Total
<i>B0</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	1.243796	0.427407	3.863064	5.534266
Average	0.414599	0.142469	1.287688	0.614918
Variance	14.71502	8.107505	4.514521	7.102744
<i>B1</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	0.660412	5.167447	2.383282	8.211141
Average	0.220137	1.722482	0.794427	0.912349
Variance	0.246549	41.75874	1.194435	11.23095
<i>B2</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	-3.41671	-0.31153	-0.63149	-4.35973
Average	-1.1389	-0.10384	-0.2105	-0.48441
Variance	9.024683	0.226447	0.479269	2.675683
<i>Total</i>				
Count	9	9	9	
Sum	-1.5125	5.283327	5.614852	
Average	-0.16806	0.587036	0.623872	
Variance	6.533834	13.25975	1.984274	

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	9.743841	2	4.87192	0.546267	0.588411	3.554557
Columns	3.596016	2	1.798008	0.201603	0.81924	3.554557
Interaction	3.944652	4	0.986163	0.110574	0.977227	2.927744
Within	160.5343	18	8.918574			
Total	177.8188	26				

## LAMPIRAN 2

### Hasil analisis ANOVA terhadap persentase perubahan bobot Pak Choi mulai pengemasan hingga sampai ke tempat pengiriman

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	A1	A2	A3	Total	
<i>B0</i>					
Count		3	3	3	9
Sum	-0.601269945	4.102186	5.5	9.000916	
Average	-0.200423315	1.367395	1.833333	1.000102	
Variance	2.640860192	7.091654	8.083333	5.305377	
<i>B1</i>					
Count		3	3	3	9
Sum	6.340591695	3.449573	10	19.79016	
Average	2.113530565	1.149858	3.333333	2.198907	
Variance	12.02050438	0.752126	6.333333	5.67451	
<i>B2</i>					
Count		3	3	3	9
Sum	6.296450796	5.099082	15.5	26.89553	
Average	2.098816932	1.699694	5.166667	2.988392	
Variance	3.777970537	1.125599	0.333333	4.008088	
<i>Total</i>					
Count		9	9	9	
Sum	12.03577255	12.65084	31		
Average	1.337308061	1.405649	3.444444		
Variance	5.939971873	2.299853	5.777778		

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	18.04116364	2	9.020582	1.925705	0.174637	3.554557
Columns	25.80414409	2	12.90207	2.754321	0.090449	3.554557
Interaction	9.782228402	4	2.445557	0.522075	0.720743	2.927744
Within	84.3174283	18	4.684302			
Total	137.9449644	26				

### LAMPIRAN 3

#### Hasil analisis ANOVA terhadap persentase perubahan bobot Caisimmulai pengemasan hingga masa penyimpanan

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	CA1	CA2	CA3	Total
<i>B0</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	-3.59285	-2.45276	1.64958	-4.39603
Average	-1.19762	-0.81759	0.54986	-0.48845
Variance	16.88544	10.27266	14.9542	11.16157

<i>B1</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	-3.88294	0.682694	0.013406	-3.18684
Average	-1.29431	0.227565	0.004469	-0.35409
Variance	6.451684	30.91886	0.121934	9.87971

<i>B2</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	-5.09007	-2.5406	-3.97966	-11.6103
Average	-1.69669	-0.84687	-1.32655	-1.29004
Variance	11.86137	0.538475	4.166805	4.277826

<i>Total</i>				
Count	9	9	9	
Sum	-12.5659	-4.31067	-2.31667	
Average	-1.39621	-0.47896	-0.25741	
Variance	8.852166	10.71345	5.509483	

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	4.609762	2	2.304881	0.215697	0.808032	3.554557
Columns	6.561858	2	3.280929	0.307039	0.739399	3.554557
Interaction	3.64817	4	0.912043	0.085352	0.985883	2.927744
Within	192.3428	18	10.68571			
Total	207.1626	26				

## LAMPIRAN 4

### Hasil analisis ANOVA terhadap persentase perubahan bobot Pak Choi mulai dari saat sampai di tempat pengiriman hingga masa penyimpanan

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	A1	A2	A3	Total
<i>B0</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	-1.12154	1.685558	2.318469	2.882487
Average	-0.37385	0.561853	0.772823	0.320276
Variance	2.495969	5.693276	1.419319	2.681503
<i>B1</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	5.069615	0.940522	0.069302	6.07944
Average	1.689872	0.313507	0.023101	0.675493
Variance	15.63892	2.784454	1.136942	5.484685
<i>B2</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	4.556355	3.920085	7.980128	16.45657
Average	1.518785	1.306695	2.660043	1.828508
Variance	6.920123	2.651982	1.315983	3.119397
<i>Total</i>				
Count	9	9	9	
Sum	8.50443	6.546165	10.3679	
Average	0.944937	0.727352	1.151989	
Variance	7.247537	2.982789	2.352704	

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	11.19115	2	5.595574	1.257213	0.308261	3.554557
Columns	0.811592	2	0.405796	0.091174	0.913278	3.554557
Interaction	9.359143	4	2.339786	0.525703	0.718228	2.927744
Within	80.11395	18	4.450775			
Total	101.4758	26				

## LAMPIRAN 5

### Hasil analisis ANOVA terhadap persentase perubahan bobot Caisin selama masa penyimpanan

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	CA1	CA2	CA3	Total
<i>B0</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	-4.7393	-2.8908	-2.25582	-9.88592
Average	-1.57977	-0.9636	-0.75194	-1.09844
Variance	9.903595	0.930515	3.381864	3.692712
<i>B1</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	-4.55188	-4.27757	-2.32672	-11.1562
Average	-1.51729	-1.42586	-0.77557	-1.23957
Variance	4.392848	3.517164	1.394017	2.448679
<i>B2</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	-1.71709	-2.23202	-3.37051	-7.31961
Average	-0.57236	-0.74401	-1.1235	-0.81329
Variance	0.507147	0.252309	2.224065	0.805535
<i>Total</i>				
Count	9	9	9	
Sum	-11.0083	-9.40038	-7.95306	
Average	-1.22314	-1.04449	-0.88367	
Variance	3.939855	1.26585	1.782446	

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	0.848839	2	0.424419	0.144123	0.86677	3.554557
Columns	0.519048	2	0.259524	0.088129	0.916036	3.554557
Interaction	2.049319	4	0.51233	0.173976	0.94889	2.927744
Within	53.00705	18	2.944836			
Total	56.42425	26				

## LAMPIRAN 6

### Hasil analisis ANOVA terhadap persentase perubahan bobot Pak Choi selama masa penyimpanan

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	A1	A2	A3	Total
<i>B0</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	-0.519764553	-2.36835	-0.22573	-3.11385
Average	-0.173254851	-0.78945	-0.07524	-0.34598
Variance	0.02254984	0.284438	0.016985	0.193417
<i>B1</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	-1.277654194	-2.49393	-4.62767	-8.39925
Average	-0.425884731	-0.83131	-1.54256	-0.93325
Variance	0.287705075	0.677713	2.301827	1.056461
<i>B2</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	-1.728878429	-1.16827	0.490481	-2.40667
Average	-0.57629281	-0.38942	0.163494	-0.26741
Variance	0.573222451	0.584766	0.793881	0.598957
<i>Total</i>				
Count	9	9	9	
Sum	-3.526297176	-6.03055	-4.36292	
Average	-0.391810797	-0.67006	-0.48477	
Variance	0.251979847	0.431359	1.418249	

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	2.383211736	2	1.191606	1.934744	0.173343	3.554557
Columns	0.361192406	2	0.180596	0.293224	0.74935	3.554557
Interaction	3.343318356	4	0.83583	1.35709	0.287789	2.927744
Within	11.08617453	18	0.615899			
Total	17.17389703	26				

## LAMPIRAN 7

### Hasil analisis ANOVA terhadap kekerasan Caisin ketika sampai di tempat pengiriman

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	CA1	CA2	CA3	Total
<i>B0</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	1.080667	1.077667	0.977333333	3.135667
Average	0.360222	0.359222	0.325777778	0.348407
Variance	0.00344	0.001193	0.001503593	0.001822
<i>B1</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	1.121333	0.948333	1.199333333	3.269
Average	0.373778	0.316111	0.399777778	0.363222
Variance	0.000459	0.000856	0.001439148	0.002064
<i>B2</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	1.135	1.244	1.134	3.513
Average	0.378333	0.414667	0.378	0.390333
Variance	0.000912	0.005701	1.23333E-05	0.00199
<i>Total</i>				
Count	9	9	9	
Sum	3.337	3.27	3.310666667	
Average	0.370778	0.363333	0.367851852	
Variance	0.001269	0.003768	0.001823448	

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	0.008137	2	0.004068412	2.359631	0.122999855	3.554557146
Columns	0.000253	2	0.000126597	0.073425	0.929483045	3.554557146
Interaction	0.015719	4	0.003929745	2.279206	0.100730431	2.927744173
Within	0.031035	18	0.001724173			
Total	0.055144	26				

## LAMPIRAN 8

### Hasil analisis ANOVA terhadap kekerasan Pak Choi ketika sampai di tempat pengiriman

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	A1	A2	A3	Total
<i>B0</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	0.990333	1.209	1.079333333	3.278667
Average	0.330111	0.403	0.359777778	0.364296
Variance	0.003529	0.002012	0.001341815	0.002728
<i>B1</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	1.132667	0.941333	0.931666667	3.005667
Average	0.377556	0.313778	0.310555556	0.333963
Variance	0.006528	0.000434	0.001994926	0.00331
<i>B2</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	1.026333	0.966	1.038666667	3.031
Average	0.342111	0.322	0.346222222	0.336778
Variance	0.001763	0.000995	0.00189937	0.00129
<i>Total</i>				
Count	9	9	9	
Sum	3.149333	3.116333	3.049666667	
Average	0.349926	0.346259	0.338851852	
Variance	0.003411	0.002684	0.001793864	

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	0.005056	2	0.002527955	1.109922	0.351117385	3.554557146
Columns	0.000573	2	0.000286424	0.125757	0.88259702	3.554557146
Interaction	0.017063	4	0.004265819	1.872947	0.159055481	2.927744173
Within	0.040997	18	0.002277597			
Total	0.063689	26				

## LAMPIRAN 9

### Hasil analisis ANOVA terhadap kekerasan Caisin setelah masa penyimpanan

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	CA1	CA2	CA3	Total
<i>B0</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	1.032333	1.082	1.199666667	3.314
Average	0.344111	0.360667	0.399888889	0.368222
Variance	0.013942	0.002312	0.007648593	0.006591

<i>B1</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	1.092	1.02	0.952	3.064
Average	0.364	0.34	0.317333333	0.340444
Variance	0.00061	0.001372	0.001585778	0.0013

<i>B2</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	0.984667	1.214667	1.014333333	3.213667
Average	0.328222	0.404889	0.338111111	0.357074
Variance	0.000882	0.003416	0.001785593	0.002825

<i>Total</i>				
Count	9	9	9	
Sum	3.109	3.316667	3.166	
Average	0.345444	0.368519	0.351777778	
Variance	0.0041	0.002599	0.004137944	

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	0.003517	2	0.001758646	0.471703	0.631436958	3.554557146
Columns	0.002558	2	0.001279165	0.343097	0.714109821	3.554557146
Interaction	0.016068	4	0.004016924	1.077417	0.396770416	2.927744173
Within	0.067109	18	0.003728292			
Total	0.089253	26				

## LAMPIRAN 10

### Hasil analisis ANOVA terhadap kekerasan Pak Choi setelah masa penyimpanan

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	A1	A2	A3	Total
<i>B0</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	1.091667	1.075667	1.027666667	3.195
Average	0.363889	0.358556	0.342555556	0.355
Variance	0.00314	7.37E-06	0.001963259	0.00137
<i>B1</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	0.883	1.203333	0.99	3.076333
Average	0.294333	0.401111	0.33	0.341815
Variance	0.000917	0.008868	0.003429333	0.00552
<i>B2</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	0.957	1.202	1.122333333	3.281333
Average	0.319	0.400667	0.374111111	0.364593
Variance	0.003163	0.009661	7.15926E-05	0.004525
<i>Total</i>				
Count	9	9	9	
Sum	2.931667	3.481	3.14	
Average	0.325741	0.386778	0.348888889	
Variance	0.002738	0.005082	0.001753444	

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	0.002354	2	0.001177041	0.339306	0.716722981	3.554557146
Columns	0.017091	2	0.008545387	2.463378	0.113336322	3.554557146
Interaction	0.011791	4	0.002947763	0.849751	0.512196815	2.927744173
Within	0.062441	18	0.003468971			
Total	0.093677	26				

## LAMPIRAN 11

### Hasil analisis ANOVA terhadap nilai kecerahan (L) Caisin ketika sampai di tempat pengiriman

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	CA1	CA2	CA3	Total
<i>B0</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	117.99	121.04	118.56	357.59
Average	39.33	40.34667	39.52	39.73222
Variance	1.3099	3.414933	7.1188	3.180044

<i>B1</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	116.32	122.44	113.6	352.36
Average	38.77333	40.81333	37.86666667	39.15111
Variance	2.443333	3.640233	22.19903333	8.778961

<i>B2</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	117.41	115.4	120.3	353.11
Average	39.13667	38.46667	40.1	39.23444
Variance	5.762133	7.588633	4.8661	5.059803

<i>Total</i>				
Count	9	9	9	
Sum	351.72	358.88	352.46	
Average	39.08	39.87556	39.16222222	
Variance	2.43875	4.818328	9.553194444	

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	1.777252	2	0.888625926	0.137079	0.872803	3.554557146
Columns	3.445541	2	1.72277037	0.265754	0.769583	3.554557146
Interaction	16.01873	4	4.004681481	0.617762	0.655521	2.927744173
Within	116.6862	18	6.482566667			
Total	137.9277	26				

## LAMPIRAN 12

### Hasil analisis ANOVA terhadap nilai warna kromatik campuran merah – hijau (a) Caisin ketika sampai di tempat pengiriman

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	CA1	CA2	CA3	Total
<i>B0</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	-41.19	-38.16	-37.41	-116.76
Average	-13.73	-12.72	-12.47	-12.9733
Variance	0.5212	5.8933	4.7425	3.123025
<i>B1</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	-38.97	-39.31	-34.49	-112.77
Average	-12.99	-13.1033	-11.49666667	-12.53
Variance	4.1763	1.216933	1.891233333	2.42415
<i>B2</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	-41.25	-37.37	-40.29	-118.91
Average	-13.75	-12.4567	-13.43	-13.2122
Variance	0.3667	1.456133	5.0979	2.070494
<i>Total</i>				
Count	9	9	9	
Sum	-121.41	-114.84	-112.19	
Average	-13.49	-12.76	-12.46555556	
Variance	1.40675	2.2209	3.633752778	

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	2.157118519	2	1.078559259	0.382736	0.687412	3.554557
Columns	5.007251852	2	2.503625926	0.888434	0.428583	3.554557
Interaction	5.209703704	4	1.302425926	0.462177	0.762551	2.927744
Within	50.7244	18	2.818022222			
Total	63.09847407	26				

### LAMPIRAN 13

#### Hasil analisis ANOVA terhadap nilai warna kromatik campuran kuning – biru (b) Caisin ketika sampai di tempat pengiriman

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	CA1	CA2	CA3	Total
<i>B0</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	58.22	53.82	51.17	163.21
Average	19.40667	17.94	17.05666667	18.13444
Variance	2.678433	18.6481	16.98123333	10.63368
<i>B1</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	56.04	57.03	47.04	160.11
Average	18.68	19.01	15.68	17.79
Variance	10.2937	2.6131	12.0631	8.7672
<i>B2</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	60.54	53.4	60.38	174.32
Average	20.18	17.8	20.12666667	19.36889
Variance	3.9748	5.1793	22.47443333	9.292211
<i>Total</i>				
Count	9	9	9	
Sum	174.8	164.25	158.59	
Average	19.42222	18.25	17.62111111	
Variance	4.658744	6.9387	16.76631111	

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	12.40616	2	6.203077778	0.588241	0.56563	3.554557
Columns	15.04082	2	7.520411111	0.713164	0.503426	3.554557
Interaction	24.69149	4	6.172872222	0.585376	0.677298	2.927744
Within	189.8124	18	10.54513333			
Total	241.9509	26				

## LAMPIRAN 14

### Hasil analisis ANOVA terhadap nilai kecerahan (L) Pak Choi ketika sampai di tempat pengiriman

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	A1	A2	A3	Total
<i>B0</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	132.16	133.55	136.14	401.85
Average	44.05333	44.51667	45.38	44.65
Variance	0.461433	14.21943	1.0492	4.272525

<i>B1</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	131.19	130.78	135.4	397.37
Average	43.73	43.59333	45.13333333	44.15222
Variance	5.6469	0.330233	0.546633333	2.175894

<i>B2</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	124.37	130.67	132.05	387.09
Average	41.45667	43.55667	44.01666667	43.01
Variance	2.660233	0.725433	0.156633333	2.282475

<i>Total</i>				
Count	9	9	9	
Sum	387.72	395	403.59	
Average	43.08	43.88889	44.84333333	
Variance	3.69405	4.040711	0.833925	

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	12.72616	2	6.363081481	2.220012	0.137481	3.554557146
Columns	14.02383	2	7.011914815	2.446383	0.11486	3.554557146
Interaction	4.231059	4	1.057764815	0.369043	0.827529	2.927744173
Within	51.59227	18	2.866237037			
Total	82.57332	26				

## LAMPIRAN 15

### Hasil analisis ANOVA terhadap nilai warna kromatik campuran merah – hijau (a) Pak Choi ketika sampai di tempat pengiriman

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	A1	A2	A3	Total
<i>B0</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	-44.49	-45.01	-44.6	-134.1
Average	-14.83	-15.0033	-14.86666667	-14.9
Variance	0.1764	0.124133	0.7016333333	0.2568
<i>B1</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	-44.96	-45.32	-44.83	-135.11
Average	-14.98666667	-15.1067	-14.94333333	-15.0122
Variance	0.1521333333	0.257233	0.1680333333	0.149719
<i>B2</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	-46.58	-46.38	-46.87	-139.83
Average	-15.52666667	-15.46	-15.62333333	-15.5367
Variance	0.1577333333	0.0669	0.2110333333	0.113975
<i>Total</i>				
Count	9	9	9	
Sum	-136.03	-136.71	-136.3	
Average	-15.11444444	-15.19	-15.14444444	
Variance	0.221752778	0.155075	0.400277778	

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	2.078940741	2	1.03947037	4.642258	0.02367	3.554557
Columns	0.026051852	2	0.013025926	0.058174	0.943663	3.554557
Interaction	0.107437037	4	0.026859259	0.119953	0.97359	2.927744
Within	4.030466667	18	0.223914815			
Total	6.242896296	26				

## LAMPIRAN 16

### Hasil analisis ANOVA terhadap nilai warna kromatik campuran kuning – biru (b) Pak Choi ketika sampai di tempat pengiriman

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	A1	A2	A3	Total
<i>B0</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	66.81	70.54	72.54	209.89
Average	22.27	23.51333	24.18	23.32111
Variance	0.7677	8.088633	0.3897	3.016311

<i>B1</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	69.9	70.93	71.16	211.99
Average	23.3	23.64333	23.72	23.55444
Variance	3.6028	3.189233	0.0675	1.752403

<i>B2</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	72.71	75.01	76.44	224.16
Average	24.23667	25.00333	25.48	24.90667
Variance	0.443333	0.269033	1.3468	0.8099

<i>Total</i>				
Count	9	9	9	
Sum	209.42	216.48	220.14	
Average	23.26889	24.05333	24.46	
Variance	1.929211	3.39755	1.0759	

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	13.19081	2	6.595403704	3.267795	0.061558	3.554557
Columns	6.59843	2	3.299214815	1.634647	0.222677	3.554557
Interaction	1.701015	4	0.425253704	0.210699	0.929101	2.927744
Within	36.32947	18	2.018303704			
Total	57.81972	26				

## LAMPIRAN 17

### Hasil analisis ANOVA terhadap nilai kecerahan (L) Caisin setelah masa penyimpanan

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	CA1	CA2	CA3	Total
<i>B0</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	117.35	116.04	118.23	351.62
Average	39.11667	38.68	39.41	39.06889
Variance	0.542533	1.3053	10.3321	3.146186
<i>B1</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	120.25	115.04	119	354.29
Average	40.08333	38.34667	39.66666667	39.36556
Variance	2.431433	5.608633	4.882033333	3.847028
<i>B2</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	117.56	116.81	111.59	345.96
Average	39.18667	38.93667	37.19666667	38.44
Variance	4.649633	0.032433	0.562033333	2.1923
<i>Total</i>				
Count	9	9	9	
Sum	355.16	347.89	348.82	
Average	39.46222	38.65444	38.75777778	
Variance	2.123819	1.802228	5.327244444	

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	4.020496	2	2.010248148	0.596196	0.561424	3.554557146
Columns	3.478274	2	1.739137037	0.51579	0.60559	3.554557146
Interaction	9.31357	4	2.328392593	0.69055	0.607985	2.927744173
Within	60.69227	18	3.371792593			
Total	77.50461	26				

## LAMPIRAN 18

### Hasil analisis ANOVA terhadap nilai warna kromatik campuran merah – hijau (a) Caisin setelah masa penyimpanan

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	CA1	CA2	CA3	Total
<i>B0</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	-37.1	-35.1	-39.08	-111.28
Average	-12.3666667	-11.7	-13.02666667	-12.3644
Variance	0.347433333	0.6811	3.542633333	1.472803
<i>B1</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	-35.4	-30.95	-37.12	-103.47
Average	-11.8	-10.3167	-12.37333333	-11.4967
Variance	2.0919	4.405233	2.223433333	3.025
<i>B2</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	-40.1	-36.81	-38.06	-114.97
Average	-13.3666667	-12.27	-12.68666667	-12.7744
Variance	3.714633333	2.3779	0.026533333	1.759603
<i>Total</i>				
Count	9	9	9	
Sum	-112.6	-102.86	-114.26	
Average	-12.51111111	-11.4289	-12.69555556	
Variance	2.010436111	2.622811	1.528227778	

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	7.661562963	2	3.830781481	1.776178	0.197697	3.554557
Columns	8.429007407	2	4.214503704	1.954094	0.170606	3.554557
Interaction	2.808637037	4	0.702159259	0.325563	0.857136	2.927744
Within	38.8216	18	2.156755556			
Total	57.72080741	26				

## LAMPIRAN 19

### Hasil analisis ANOVA terhadap nilai warna kromatik campuran kuning – biru (b) Caisin setelah masa penyimpanan

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	CA1	CA2	CA3	Total
<i>B0</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	51.64	47.82	55.31	154.77
Average	17.21333	15.94	18.43666667	17.19667
Variance	1.448433	1.0156	21.41143333	7.137775

<i>B1</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	50.37	43.31	51.91	145.59
Average	16.79	14.43667	17.30333333	16.17667
Variance	10.3093	13.57243	10.41423333	10.32643

<i>B2</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	51.01	50.84	51.07	152.92
Average	17.00333	16.94667	17.02333333	16.99111
Variance	0.195233	7.786233	0.286433333	2.068161

<i>Total</i>				
Count	9	9	9	
Sum	153.02	141.97	158.29	
Average	17.00222	15.77444	17.58777778	
Variance	3.021844	6.790253	8.448069444	

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	5.237919	2	2.618959259	0.354769	0.70613	3.554557
Columns	15.41547	2	7.707737037	1.044105	0.372376	3.554557
Interaction	7.964748	4	1.991187037	0.26973	0.893602	2.927744
Within	132.8787	18	7.382148148			
Total	161.4968	26				

## LAMPIRAN 20

### Hasil analisis ANOVA terhadap nilai kecerahan (L) Pak Choi setelah masa penyimpanan

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	A1	A2	A3	Total
<i>B0</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	141.49	134.83	135.16	411.48
Average	47.16333	44.94333	45.05333333	45.72
Variance	0.749733	0.185033	4.524933333	2.539
<i>B1</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	138.38	135.17	132.81	406.36
Average	46.12667	45.05667	44.27	45.15111
Variance	4.808633	2.635833	1.0372	2.771786
<i>B2</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	134.35	131.63	134	399.98
Average	44.78333	43.87667	44.66666667	44.44222
Variance	3.046033	1.530533	3.142533333	2.112244
<i>Total</i>				
Count	9	9	9	
Sum	414.22	401.63	401.97	
Average	46.02444	44.62556	44.66333333	
Variance	3.219053	1.405728	2.291225	

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	7.376622	2	3.688311111	1.532506	0.242883	3.554557146
Columns	11.43282	2	5.716411111	2.375189	0.121494	3.554557146
Interaction	4.630489	4	1.157622222	0.480996	0.749374	2.927744173
Within	43.32093	18	2.406718519			
Total	66.76087	26				

## LAMPIRAN 21

### Hasil analisis ANOVA terhadap nilai warna kromatik campuran merah – hijau (a) Pak Choi setelah masa penyimpanan

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	A1	A2	A3	Total
<i>B0</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	-45.21	-47	-44.83	-137.04
Average	-15.07	-15.6667	-14.94333333	-15.2267
Variance	0.0241	0.144233	0.563733333	0.294925
<i>B1</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	-42.2	-44.63	-45.75	-132.58
Average	-14.0666667	-14.8767	-15.25	-14.7311
Variance	0.053033333	0.940833	0.7027	0.698611
<i>B2</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	-44.36	-45.42	-46.55	-136.33
Average	-14.7866667	-15.14	-15.51666667	-15.1478
Variance	0.261733333	0.3792	1.145733333	0.546619
<i>Total</i>				
Count	9	9	9	
Sum	-131.77	-137.05	-137.13	
Average	-14.6411111	-15.2278	-15.23666667	
Variance	0.285386111	0.487419	0.664775	

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	1.27622963	2	0.638114815	1.362426	0.281209	3.554557
Columns	2.09682963	2	1.048414815	2.238449	0.135464	3.554557
Interaction	1.793814815	4	0.448453704	0.957484	0.454393	2.927744
Within	8.4306	18	0.468366667			
Total	13.59747407	26				

## LAMPIRAN 22

### Hasil analisis ANOVA terhadap nilai warna kromatik campuran kuning – biru (b) Pak Choi setelah masa penyimpanan

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	A1	A2	A3	Total
<i>B0</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	76.09	78.12	72.48	226.69
Average	25.36333	26.04	24.16	25.18778
Variance	0.638533	2.5167	4.8643	2.684919
<i>B1</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	67.68	71.51	72.92	212.11
Average	22.56	23.83667	24.30666667	23.56778
Variance	0.6499	9.525433	7.251733333	4.969469
<i>B2</i>				
Count	3	3	3	9
Sum	71.47	73.34	75.13	219.94
Average	23.82333	24.44667	25.04333333	24.43778
Variance	2.556633	4.173633	5.244633333	3.272844
<i>Total</i>				
Count	9	9	9	
Sum	215.24	222.97	220.53	
Average	23.91556	24.77444	24.50333333	
Variance	2.439553	5.024628	4.508225	

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	11.8314	2	5.9157	1.422746	0.266897	3.554557
Columns	3.470022	2	1.735011111	0.417276	0.665051	3.554557
Interaction	9.104844	4	2.276211111	0.547437	0.703217	2.927744
Within	74.843	18	4.157944444			
Total	99.24927	26				

**LAMPIRAN 23**

Foto tanaman Pak Choi



**LAMPIRAN 24**

Foto pemanenan Pak Choi



**LAMPIRAN 25**

Foto *hydrocooling*



**LAMPIRAN 26**

Foto penataan sayuran dalam *styrofoam*



**LAMPIRAN 27**

Foto pengukuran warna



**LAMPIRAN 28**

Foto pengukuran kekerasan

