

# **MEMPELAJARI PENGGUNAAN UDARA TERMODIFIKASI UNTUK PENYIMPANAN LOBAK PUTIH DAN LOBAK MERAH**

**Oleh**

**JOVITA SUTRISNA**

**F 26. 0379**



**1 9 9 3**

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN**

**INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

**B O G O R**



JOVITA SUTRISNA. F 26.0379. **MEMPELAJARI PENGGUNAAN UDARA TERMODIFIKASI UNTUK PENYIMPANAN LOBAK PUTIH DAN LOBAK MERAH.** Dibawah bimbingan DR. Ir. Hadi K. Purwadaria.

### RINGKASAN

Sayuran memiliki sifat cepat sekali mengalami proses kerusakan, penguapan air dan pembusukan. Mengingat kehilangan pasca panen sayuran yang tinggi, sedangkan permintaan konsumen belum sepenuhnya terpenuhi, maka perlu segera dilakukan usaha penekanan kehilangan hasil, salah satunya penggunaan udara termodifikasi. Udara termodifikasi (UM) diartikan sebagai suatu keadaan dimana komposisi udara di sekitar bahan yang disimpan berbeda dengan komposisi udara atmosfer.

Pada penelitian ini digunakan udara termodifikasi untuk penyimpanan lobak putih dan lobak merah.

Tujuan dari penelitian ini adalah : (1) mengukur laju respirasi lobak putih dan lobak merah pada beberapa tingkat suhu penyimpanan, (2) menentukan daerah udara termodifikasi untuk penyimpanan lobak putih dan lobak merah, (3) menentukan tingkah laku perkembangan parameter mutu selama penyimpanan yang menjadi acuan konsumen, (4) memilih jenis film kemasan untuk penyimpanan lobak putih dan lobak merah secara udara termodifikasi.

Penelitian dilakukan dalam 3 tahap yakni : (1) pengukuran laju respirasi lobak putih dan lobak merah,

(2) penentuan daerah udara termodifikasi untuk penyimpanan lobak putih dan lobak merah, (3) pemilihan jenis film kemasan dan pendugaan konsentrasi gas  $O_2$  dan  $CO_2$  dalam model kemasan.

Pengukuran laju respirasi dikerjakan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap, dengan perlakuan suhu penyimpanan  $5^\circ$ ,  $10^\circ C$  dan suhu ruang ( $27.5 \pm 1^\circ C$ ). Untuk lobak putih pada suhu  $5^\circ$ ,  $10^\circ$  dan suhu ruang ( $27.5 \pm 1$ ) $^\circ C$ , laju produksi  $CO_2$  6.34, 8.55, 31.79 ml/kg-jam sedangkan laju konsumsi  $O_2$  5.13, 6.44, 31.44 ml/kg-jam. Untuk lobak merah pada suhu  $5^\circ$ ,  $10^\circ$  dan suhu ruang ( $27.5 \pm 1$ ) $^\circ C$ , laju produksi  $CO_2$  7.02, 9.27, 32.81 ml/kg-jam sedangkan laju konsumsi  $O_2$  5.98, 7.99, 38.81 ml/kg-jam. Dengan meningkatnya suhu penyimpanan maka laju respirasi makin meningkat. Laju respirasi pada suhu  $5^\circ$  dan  $10^\circ C$  tidak berbeda nyata, sehingga pada tahap berikutnya digunakan suhu penyimpanan  $5^\circ$  dan  $10^\circ C$ .

Penentuan daerah udara termodifikasi untuk penyimpanan lobak putih dan lobak merah dirancang dengan Rancangan Acak Lengkap dengan percobaan faktorial tiga faktor, yaitu kombinasi gas, suhu dan lama penyimpanan.

Selama penyimpanan kekerasan dan warna lobak mengalami penurunan. Analisis ragam terhadap kekerasan dan warna lobak putih menunjukkan bahwa kombinasi gas, lama dan suhu penyimpanan berpengaruh sangat nyata.

Perlakuan kombinasi gas  $(6\pm 1)\%$   $O_2$  dan  $(7\pm 1)\%$   $CO_2$  memberikan mutu yang terbaik dibandingkan dengan perlakuan kombinasi gas lainnya dan kontrol. Penurunan kekerasan lobak putih pada kombinasi gas  $(6\pm 1)\%$   $O_2$  dan  $(7\pm 1)\%$   $CO_2$  dari keadaan awal  $52.02 \text{ kg/cm}^2$  menjadi  $45.45 \text{ kg/cm}^2$ , dan penurunan nilai *lightness* ( $L^*$ ) dari keadaan awal  $76.13$  menjadi  $74.54$ . Rata-rata nilai kekerasan lobak putih pada suhu  $5^\circ$  dan  $10^\circ\text{C}$  berturut-turut  $34.14$  dan  $43.16 \text{ kg/cm}^2$ , nilai *lightness* ( $L^*$ ) pada suhu  $5^\circ$  dan  $10^\circ\text{C}$  berturut-turut  $71.46$  dan  $72.87$ . Daerah udara termomodifikasi yang disarankan untuk penyimpanan lobak putih adalah perpaduan gas  $(6\pm 1)\%$   $O_2$  dan  $(7\pm 1)\%$   $CO_2$ , pada suhu penyimpanan  $10^\circ\text{C}$ .

Uji organoleptik yang dilakukan terhadap kekerasan dan warna lobak putih menunjukkan bahwa panelis menolak produk bila memiliki kekerasan lebih kecil dari  $31.01 \text{ kg/cm}^2$  dan nilai *lightness* ( $L^*$ ) lebih kecil dari  $70.05$ .

Kombinasi gas, lama penyimpanan dan suhu penyimpanan berpengaruh sangat nyata terhadap kekerasan lobak merah, sedang suhu penyimpanan tidak berpengaruh nyata terhadap warna lobak merah.

Perlakuan kombinasi gas  $(6\pm 1)\%$   $O_2$  dan  $(7\pm 1)\%$   $CO_2$  mempertahankan kekerasan dan warna lobak merah lebih baik dibanding perpaduan gas lain dan kontrol. Kekerasan lobak merah dari keadaan awal  $20.18 \text{ kg/cm}^2$  menjadi  $16.44 \text{ kg/cm}^2$ , nilai *chromaticity* ( $a^*$ ) dari keadaan awal  $40.95$

menjadi 39.39. Rata-rata kekerasan dan nilai *chromaticity* ( $a^*$ ) pada suhu 5°C berturut-turut 12.65 kg/cm<sup>2</sup> dan 35.13, pada suhu 10°C berturut-turut 16.68 kg/cm<sup>2</sup> dan 35.48. Daerah udara termodifikasi yang disarankan untuk penyimpanan lobak merah adalah (6±1)% O<sub>2</sub> dan (7±1)% CO<sub>2</sub> dengan suhu penyimpanan 10°C.

Uji organoleptik yang dilakukan terhadap kekerasan dan warna lobak merah menunjukkan bahwa panelis menolak produk bila memiliki kekerasan lebih kecil dari 10.28 kg/cm<sup>2</sup> dan nilai *chromaticity* ( $a^*$ ) lebih kecil dari 29.94.

Daerah udara termodifikasi (6±1)% O<sub>2</sub> dan (7±1)% CO<sub>2</sub> memerlukan kisaran nilai  $\beta$  1.75 - 2.67. Dipilih jenis film kemasan polietilen densitas rendah ( $\beta = 3.59$ ), polipropilen ( $\beta = 2.86$ ) dan *stretch film* ( $\beta = 1.50$ ) untuk pengemasan lobak putih dan jenis film kemasan polietilen densitas rendah, polipropilen dan *white stretch film* ( $\beta = 1.00$ ) untuk pengemasan lobak merah.

Pemilihan film kemasan dikerjakan menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan perlakuan jenis film kemasan.

Konsentrasi gas CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> dalam kemasan yang mencapai daerah udara termodifikasi untuk lobak putih adalah yang dikemas dengan jenis polietilen densitas rendah, sedang untuk lobak merah adalah yang dikemas dengan jenis polipropilen.

Jenis film kemasan polietilen densitas rendah dapat mempertahankan mutu lobak putih lebih baik dibanding film kemasan lainnya, nilai kekerasan dari keadaan awal 52.02 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 47.60 kg/cm<sup>2</sup> dan nilai *lightness* ( $L^*$ ) dari keadaan awal 76.13 menjadi 74.00 setelah penyimpanan 12 hari.

Penggunaan film kemasan polipropilen untuk lobak merah menghasilkan mutu lebih baik dibandingkan dengan penggunaan film kemasan lainnya, nilai kekerasan dari keadaan awal 20.18 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 18.24 kg/cm<sup>2</sup> dan nilai *chromaticity* ( $a^*$ ) dari keadaan awal 40.95 menjadi 37.97 setelah penyimpanan 12 hari.

Jadi film kemasan yang disarankan untuk pengemasan lobak putih adalah polietilen densitas rendah dan untuk pengemasan lobak merah adalah polipropilen pada suhu penyimpanan 10°C.

Lobak putih yang harga jual Rp 1 000,00 per kg, maka pengemasan 0.5 kg lobak putih dengan film kemasan polietilen densitas rendah dan wadah plastik terjadi tambahan biaya Rp 115,00 (23 %). Sedang lobak merah yang harga jualnya Rp 2 000,00 per kg, maka pengemasan 0.4 kg lobak merah dengan film kemasan jenis PP dan wadah plastik terjadi tambahan biaya Rp 115,00 (14.3 %).



**HEMPELAJARI PENGGUNAAN UDARA TERMODIFIKASI  
UNTUK PENYIMPANAN LOBAK PUTIH DAN LOBAK MERAH**

**S K R I P S I**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

**SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

Pada Jurusan **MEKANISASI PERTANIAN**

Fakultas Teknologi Pertanian

Institut Pertanian Bogor

**O l e h**

**JOVITA SUTRISNA**

**F 26.0379**

**1 9 9 3**

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN**

**INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

**B O G O R**



INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

**MEMPELAJARI PENGGUNAAN UDARA TERMODIFIKASI  
UNTUK PENYIMPANAN LOBAK PUTIH DAN LOBAK MERAH**

S K R I P S I

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

O l e h

JOVITA SÜTRISNA

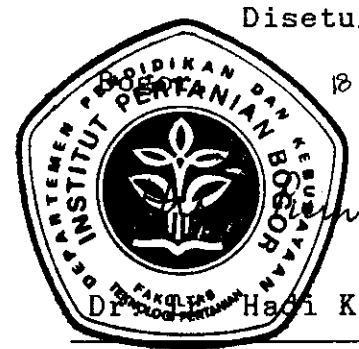
F 26.0379

Lahir pada tanggal 8 Agustus 1970

Tanggal lulus : 27 November 1993

Disetujui,

18 Desember 1993



*Purwadaria*

Dr. Hadi K. Purwadaria

Dosen Pembimbing





### KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena dengan berkat dan kasih-Nya maka penulis dapat melaksanakan penelitian dan penyelesaian skripsi.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini dapat diselesaikan dengan adanya bantuan dari berbagai pihak. Karena itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak DR. Ir. Hadi K. Purwadaria selaku pembimbing akademik, yang membimbing dan mengarahkan penulis hingga selesainya skripsi ini.
2. Bapak H. Suparman selaku Ketua Kelompok Tani "Pacet Segar", yang membantu dalam penyediaan produk.
2. Bapak Ir. I Wayan Budiastara MSc dan Bapak Ir. Ida Bagus Putu Gunadnya MS, yang memberikan informasi sehingga penelitian berjalan dengan lancar.
3. Sutjipto Susilo, yang banyak membantu dalam penelitian dan penulisan skripsi ini.
4. Orang tua dan teman-teman, yang memberikan dorongan dan semangat kepada penulis.
5. Semua pihak yang telah membantu hingga selesainya skripsi ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari sempurna. Karena itu adanya saran, nasehat dan bimbingan yang positif akan diterima dengan tangan dan hati terbuka.

Bogor, Oktober 1993

Penulis



**DAFTAR ISI**

KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xviii
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. LATAR BELAKANG .....	1
B. TUJUAN .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. TANAMAN LOBAK .....	6
B. RESPIRASI .....	11
C. TEKNIK PENYIMPANAN SECARA UDARA TERMODIFIKASI .....	14
D. FILM KEMASAN .....	17
<b>III. PENDEKATAN TEORITIS</b> .....	20
<b>IV. METODE PENELITIAN</b>	
A. BAHAN DAN ALAT .....	25
B. WAKTU DAN TEMPAT .....	28
C. PERLAKUAN .....	28
D. PENGAMATAN .....	30
E. PROSEDUR PENELITIAN .....	36
F. RANCANGAN PERCOBAAN .....	44
<b>V. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	47

Halaman ini adalah hak cipta milik IPB University dan tidak boleh diperjualbelikan atau dipinjamkan kepada pihak lain tanpa izin dari IPB University. Untuk informasi lebih lanjut, silakan hubungi bagian hukum IPB University.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN .....	94
B. SARAN .....	97
LAMPIRAN .....	98
DAFTAR PUSTAKA .....	144

Halaman ini adalah bagian dari dokumen yang telah diproses secara otomatis oleh sistem IPB University. Untuk informasi lebih lanjut, silakan kunjungi situs web IPB University.

DAFTAR TABEL

Nomor		halaman
1.	Komposisi zat gizi lobak per 100 gram . . . . .	10
2.	Produksi lobak di Indonesia . . . . .	11
3.	Laju respirasi lobak putih . . . . .	55
4.	Laju respirasi lobak merah . . . . .	55
5.	Permeabilitas dan nilai $\beta$ dari film kemasan . . . . .	71
6.	Berat lobak putih yang dapat dikemas pada luas kemasan 0.024 m <sup>2</sup> . . . . .	73
7.	Berat lobak merah yang dapat dikemas pada luas kemasan 0.024 m <sup>2</sup> . . . . .	74
8.	Hasil perhitungan koefisien permeabilitas film jenis PE densitas rendah berdasarkan hasil percobaan . . . . .	75
9.	Hasil perhitungan koefisien permeabilitas film jenis PP berdasarkan hasil percobaan . . . . .	76
10.	Hasil perhitungan koefisien permeabilitas film jenis <i>stretch film</i> berdasarkan hasil percobaan . . . . .	76
11.	Hasil perhitungan koefisien permeabilitas film jenis <i>white stretch film</i> berdasarkan hasil percobaan . . . . .	77
12.	Berat lobak putih yang dapat dikemas pada luas permukaan kemasan 0.024 m <sup>2</sup> untuk mencapai daerah udara termodifikasi yang disarankan . . . . .	78
13.	Berat lobak merah yang dapat dikemas pada luas permukaan kemasan 0.024 m <sup>2</sup> untuk mencapai daerah udara termodifikasi yang disarankan . . . . .	79
14.	Hasil pengamatan terhadap kekerasan dan warna lobak putih setelah dikemas selama 12 hari . . . . .	89

15.	Hasil penilaian organoleptik terhadap kekerasan dan warna lobak putih setelah dikemas selama 12 hari .....	89
16.	Hasil pengamatan terhadap kekerasan dan warna lobak merah setelah dikemas selama 12 hari .....	89
17.	Hasil penilaian organoleptik terhadap kekerasan dan warna lobak merah setelah dikemas selama 12 hari .....	90
18.	Hasil perhitungan biaya tambahan dengan menggunakan wadah plastik dan film kemasan.	93

**DAFTAR GAMBAR**

Nomor		halaman
1.	Kemasan Lobak Putih dan Lobak Merah yang Ada di Pasar Swalayan .....	5
2.	Lobak Putih .....	8
3.	Lobak Merah .....	8
4.	Model Penyimpanan Udara Termodifikasi ....	16
5.	Cosmotector Tipe XP-314 dan Tipe XPO-318 ..	26
6.	Mesin Instron .....	27
7.	<i>Chromameter</i> Minolta Tipe CR 200 .....	27
8.	Kombinasi Gas untuk Lobak Putih .....	29
9.	Kombinasi Gas untuk Lobak Merah .....	29
10.	Pengukuran Kekerasan Lobak Putih dengan Menggunakan Mesin Instron 1140 .....	32
11.	Pengukuran Kekerasan Lobak Merah dengan Menggunakan Mesin Instron 1140 .....	32
12.	Pengukuran Warna dengan Sistem $L^* a^* b^*$ ...	33
13.	Pengukuran Warna Lobak Putih dengan Menggunakan <i>Chromameter</i> Minolta CR 200 .....	34
14.	Pengukuran Warna Lobak Merah dengan Menggunakan <i>Chromameter</i> Minolta CR 200 .....	35
15.	Pengukuran Laju Respirasi Lobak Putih ....	38
16.	Pengukuran Laju Respirasi Lobak Merah ....	39
17.	Pengendalian Gas O <sub>2</sub> dan CO <sub>2</sub> dalam Stoples untuk Lobak Putih .....	41
18.	Pengendalian Gas O <sub>2</sub> dan CO <sub>2</sub> dalam Stoples untuk Lobak Merah .....	42





19.	Perubahan Konsentrasi CO <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub> dalam Stoples karena Kegiatan Respirasi Lobak Putih pada Suhu 5°C .....	48
20.	Perubahan Konsentrasi CO <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub> dalam Stoples karena Kegiatan Respirasi Lobak Putih pada Suhu 10°C .....	49
21.	Perubahan Konsentrasi CO <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub> dalam Stoples karena Kegiatan Respirasi Lobak Putih pada Suhu Ruang (27.5±1)°C .....	50
22.	Perubahan Konsentrasi CO <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub> dalam Stoples karena Kegiatan Respirasi Lobak Merah pada Suhu 5°C .....	51
23.	Perubahan Konsentrasi CO <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub> dalam Stoples karena Kegiatan Respirasi Lobak Merah pada Suhu 10°C .....	52
24.	Perubahan Konsentrasi CO <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub> dalam Stoples karena Kegiatan Respirasi Lobak Merah pada Suhu Ruang (27.5±1)°C .....	53
25.	Perubahan Kekerasan Lobak Putih selama Penyimpanan pada Suhu 5°C .....	58
26.	Perubahan Kekerasan Lobak Putih selama Penyimpanan pada Suhu 10°C .....	59
27.	Perubahan Kekerasan Lobak Merah selama Penyimpanan pada Suhu 5°C .....	60
28.	Perubahan Kekerasan Lobak Merah selama Penyimpanan pada Suhu 10°C .....	61
29.	Perubahan Warna Lobak Putih selama Penyimpanan pada Suhu 5°C .....	62
30.	Perubahan Warna Lobak Putih selama Penyimpanan pada Suhu 10°C .....	63
31.	Perubahan Warna Lobak Merah selama Penyimpanan pada Suhu 5°C .....	64
32.	Perubahan Warna Lobak Merah selama Penyimpanan pada Suhu 10°C .....	65

33.	Kurva Beberapa Jenis Film Kemasan dan Daerah Udara Termodifikasi yang Disarankan untuk Penyimpanan Lobak Putih dan Lobak Merah .....	72
34a.	Lobak Putih yang Dikemas dengan Film Kemasan Jenis Polietilen, Polipropilen dan <i>Stretch Film</i> Setelah 12 hari .....	80
34b.	Lobak Merah yang Dikemas dengan Film Kemasan Jenis Polietilen, Polipropilen dan <i>White Stretch Film</i> Setelah 12 hari .....	81
35.	Konsentrasi Gas CO <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub> dalam Kemasan Lobak Putih yang Dikemas dengan PE Densitas Rendah .....	82
36.	Konsentrasi Gas CO <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub> dalam Kemasan Lobak Putih yang Dikemas dengan PP .....	83
37.	Konsentrasi Gas CO <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub> dalam Kemasan Lobak Putih yang Dikemas dengan <i>Stretch Film</i> .....	84
38.	Konsentrasi Gas CO <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub> dalam Kemasan Lobak Merah yang Dikemas dengan PE Densitas Rendah .....	85
39.	Konsentrasi Gas CO <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub> dalam Kemasan Lobak Merah yang Dikemas dengan PP .....	86
40.	Konsentrasi Gas CO <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub> dalam Kemasan Lobak Putih yang Dikemas dengan <i>White Stretch Film</i> .....	87
41.	Penyimpanan Kemasan yang Terisi Lobak Putih dan Lobak Merah dalam Lemari Pendingin ...	88

**DAFTAR LAMPIRAN**

Nomor	halaman
1a. Data Hasil Pengukuran untuk Laju Respirasi Lobak Putih pada Suhu 5°C .....	99
1b. Hasil Perhitungan untuk Laju Respirasi Lobak Putih pada Suhu 5°C .....	99
2a. Data Hasil Pengukuran untuk Laju Respirasi Lobak Putih pada Suhu 10°C .....	100
2b. Hasil Perhitungan untuk Laju Respirasi Lobak Putih pada Suhu 10°C .....	100
3a. Data Hasil Pengukuran untuk Laju Respirasi Lobak Putih pada Suhu Ruang (27.5±1)°C ...	101
3b. Hasil Perhitungan untuk Laju Respirasi Lobak Putih pada Suhu Ruang (27.5±1)°C ...	101
4a. Analisis Ragam dari Laju Produksi CO <sub>2</sub> Lobak Putih .....	102
4b. Analisis Ragam dari Laju Konsumsi O <sub>2</sub> Lobak Putih .....	102
5a. Uji Beda Nyata Terkecil dari Laju Produksi CO <sub>2</sub> Lobak Putih .....	103
5b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Laju Konsumsi O <sub>2</sub> Lobak Putih .....	103
6a. Data Hasil Pengukuran untuk Laju Respirasi Lobak Merah pada Suhu 5°C .....	104
6b. Hasil Perhitungan untuk Laju Respirasi Lobak Merah pada Suhu 5°C .....	104
7a. Data Hasil Pengukuran untuk Laju Respirasi Lobak Merah pada Suhu 10°C .....	105
7b. Hasil Perhitungan untuk Laju Respirasi Lobak Merah pada Suhu 10°C .....	105
8a. Data Hasil Pengukuran untuk Laju Respirasi Lobak Merah pada Suhu Ruang (27.5±1)°C ...	106



8b.	Hasil Perhitungan untuk Laju Respirasi Lobak Merah pada Suhu Ruang ( $27.5 \pm 1$ )°C ...	107
9a.	Analisis Ragam dari Laju Produksi CO <sub>2</sub> Lobak Merah .....	108
9b.	Analisis Ragam dari Laju Konsumsi O <sub>2</sub> Lobak Merah .....	108
10a.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Laju Produksi CO <sub>2</sub> Lobak Merah .....	109
10b.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Laju Konsumsi O <sub>2</sub> Lobak Merah .....	109
11a.	Perhitungan Nilai Kekerasan Lobak dengan Menggunakan Modulus Secant .....	110
11b.	Skala Penilaian Organoleptik dengan Metode Uji Perbandingan Jamak .....	111
12.	Data Hasil Pengukuran Kekerasan dan Warna Lobak Putih pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi .....	112
13.	Data Hasil Pengukuran Kekerasan dan Warna Lobak Merah pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi .....	113
14.	Analisis Ragam dari Perubahan Kekerasan Lobak Putih pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi .....	114
15a.	Rata-rata dari Perubahan Kekerasan Lobak Putih pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi dengan Sumber Keragaman Suhu Penyimpanan .....	114
15b.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Perubahan Kekerasan Lobak Putih pada Penentuan Daerah Termodifikasi dengan Sumber Keragaman Kombinasi Gas .....	115
15c.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Perubahan Kekerasan Lobak Putih pada Penentuan Daerah Termodifikasi dengan Sumber Keragaman Lama Penyimpanan .....	115
16.	Analisis Ragam dari Perubahan Warna Lobak Putih pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi .....	116

17a.	Rata-rata dari Perubahan Warna Lobak Putih pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi dengan Sumber Keragaman Suhu Penyimpanan...	116
17b.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Perubahan Warna Lobak Putih pada Penentuan Daerah Termodifikasi dengan Sumber Keragaman Kombinasi Gas .....	117
17c.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Perubahan Warna Lobak Putih pada Penentuan Daerah Termodifikasi dengan Sumber Keragaman Lama Penyimpanan .....	117
18a.	Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Putih pada Penyimpanan 4 hari .....	118
18b.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Putih pada Penyimpanan 4 hari .....	118
19a.	Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Putih pada Penyimpanan 8 hari .....	119
19b.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Putih pada Penyimpanan 8 hari .....	119
20a.	Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Putih pada Penyimpanan 12 hari .....	120
20b.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Putih pada Penyimpanan 12 hari .....	120
21a.	Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Putih pada Penyimpanan 4 hari .....	121
21b.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Putih pada Penyimpanan 4 hari .....	121
22a.	Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Putih pada Penyimpanan 8 hari .....	122

Hal Cipta (Copyright) dan Hak Cipta  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya ini tanpa izin dari penerbit dan penerbitan untuk  
 2. Pengutipan harus mencantumkan sumber dan nama penulis, penerbit dan tempat, penerbitan karya ini atau tulisan atau gambar  
 3. Pengutipan tidak boleh merugikan kepentingan yang wajar IPB University  
 4. Dilarang menyebarkan dan memperjualbelikan karya ini di luar lingkup akademik tanpa izin IPB University

22b.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Putih pada Penyimpanan 8 hari .....	122
23a.	Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Putih pada Penyimpanan 12 hari .....	123
23b.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Putih pada Penyimpanan 12 hari .....	123
24.	Analisis Ragam dari Perubahan Kekerasan Lobak Merah pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi .....	124
25a.	Rata-rata dari Perubahan Kekerasan Lobak Merah pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi dengan Sumber Keragaman Suhu Penyimpanan .....	124
25b.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Perubahan Kekerasan Lobak Merah pada Penentuan Daerah Termodifikasi dengan Sumber Keragaman Kombinasi Gas .....	125
25c.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Perubahan Kekerasan Lobak Merah pada Penentuan Daerah Termodifikasi dengan Sumber Keragaman Lama Penyimpanan .....	125
26.	Analisis Ragam dari Perubahan Warna Lobak Merah pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi .....	126
27a.	Rata-rata dari Perubahan Warna Lobak Merah pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi dengan Sumber Keragaman Suhu Penyimpanan...	126
27b.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Perubahan Warna Lobak Merah pada Penentuan Daerah Termodifikasi dengan Sumber Keragaman Kombinasi Gas .....	127
27c.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Perubahan Warna Lobak Merah pada Penentuan Daerah Termodifikasi dengan Sumber Keragaman Lama Penyimpanan .....	127



28a.	Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Merah pada Penyimpanan 4 hari .....	128
28b.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Merah pada Penyimpanan 4 hari .....	128
29a.	Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Merah pada Penyimpanan 8 hari .....	129
29b.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Merah pada Penyimpanan 8 hari .....	129
30a.	Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Merah pada Penyimpanan 12 hari .....	130
30b.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Merah pada Penyimpanan 12 hari .....	130
31a.	Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Merah pada Penyimpanan 4 hari .....	131
31b.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Merah pada Penyimpanan 4 hari .....	131
32a.	Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Merah pada Penyimpanan 8 hari .....	132
32b.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Merah pada Penyimpanan 8 hari .....	132
33a.	Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Merah pada Penyimpanan 12 hari .....	133
33b.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Merah pada Penyimpanan 12 hari .....	133
34.	Perhitungan Koefisien Permeabilitas Film Kemasan .....	134



35a.	Analisis Ragam dari Perubahan Kekerasan Lobak Putih pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari .....	135
35b.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Perubahan Kekerasan Lobak Putih pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari .....	135
36a.	Analisis Ragam dari Perubahan Warna Lobak Putih pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari .....	136
36b.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Perubahan Warna Lobak Putih pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari .....	136
37a.	Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Putih pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari .....	137
37b.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Putih pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari .....	137
38a.	Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Putih pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari .....	138
38b.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Putih pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari .....	138
39a.	Analisis Ragam dari Perubahan Kekerasan Lobak Merah pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari .....	139
39b.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Perubahan Kekerasan Lobak Merah pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari .....	139
40a.	Analisis Ragam dari Perubahan Warna Lobak Merah pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari .....	140
40b.	Uji Beda Nyata Terkecil dari Perubahan Warna Lobak Merah pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari .....	140

41a. Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Merah pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari .....	141
41b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Merah pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari .....	141
42a. Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Merah pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari .....	142
42b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Merah pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari .....	142
43. Program Komputer untuk Menduga Konsentrasi Gas CO <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub> serta Konsentrasi Kesetimbangan dalam Kemasan .....	143

## I. PENDAHULUAN

### A. LATAR BELAKANG

Sayuran merupakan salah satu komoditi pasca panen hortikultura yang mempunyai peranan penting dalam memenuhi kebutuhan gizi masyarakat, sumber pendapatan serta sumber devisa negara. Komoditi ini memiliki nilai komersial yang tinggi dan umumnya konsumen sangat mengutamakan penampilan disamping kualitas isinya sendiri. Kemulusan dan kesehatan produk akan memberikan daya tarik tersendiri bagi konsumen. Di lain pihak, sayuran memiliki sifat cepat sekali mengalami proses kerusakan, penguapan air dan pembusukan. Karena sifatnya tersebut, sayuran digolongkan ke dalam kelompok komoditi yang rapuh dan sangat mudah rusak (*Pantastico, 1986*).

Kehilangan pasca panen sayuran merupakan masalah yang sulit diatasi, terutama di daerah tropis, di mana suhu dan kelembaban udara cukup tinggi. Kondisi seperti ini mempercepat pertumbuhan organisme patogen, disamping itu juga memacu proses metabolisme dari komoditi itu sendiri yang akhirnya mempercepat kerusakan. Menurut *Direktorat Bina Produksi Hortikultura (1992)*, dari beberapa hasil survai di Indonesia menunjukkan kehilangan pasca panen hasil sayuran dan buah-

Hal Cipta: Penerbitan, Unsurpenerbitan  
1. Ditinjau mengenai sebagai salah satu faktor yang mempengaruhi dan memprediksi kondisi  
2. Berfungsi sebagai alat komunikasi, pendidikan, penelitian, pengabdian masyarakat, pengembangan kepariwisataan, kesehatan, kerja, dan kegiatan sosial lainnya  
3. Berfungsi sebagai alat komunikasi, pendidikan, penelitian, pengabdian masyarakat, pengembangan kepariwisataan, kesehatan, kerja, dan kegiatan sosial lainnya  
4. Berfungsi sebagai alat komunikasi, pendidikan, penelitian, pengabdian masyarakat, pengembangan kepariwisataan, kesehatan, kerja, dan kegiatan sosial lainnya  
5. Berfungsi sebagai alat komunikasi, pendidikan, penelitian, pengabdian masyarakat, pengembangan kepariwisataan, kesehatan, kerja, dan kegiatan sosial lainnya  
6. Berfungsi sebagai alat komunikasi, pendidikan, penelitian, pengabdian masyarakat, pengembangan kepariwisataan, kesehatan, kerja, dan kegiatan sosial lainnya  
7. Berfungsi sebagai alat komunikasi, pendidikan, penelitian, pengabdian masyarakat, pengembangan kepariwisataan, kesehatan, kerja, dan kegiatan sosial lainnya  
8. Berfungsi sebagai alat komunikasi, pendidikan, penelitian, pengabdian masyarakat, pengembangan kepariwisataan, kesehatan, kerja, dan kegiatan sosial lainnya  
9. Berfungsi sebagai alat komunikasi, pendidikan, penelitian, pengabdian masyarakat, pengembangan kepariwisataan, kesehatan, kerja, dan kegiatan sosial lainnya  
10. Berfungsi sebagai alat komunikasi, pendidikan, penelitian, pengabdian masyarakat, pengembangan kepariwisataan, kesehatan, kerja, dan kegiatan sosial lainnya

buah-buahan berkisar antara 1 - 75 %, tergantung kepada cara pengemasan serta kondisi dan lamanya penyimpanan dan pengangkutan. Bahkan pada keadaan cuaca buruk, angka kehilangan bisa mencapai 100 %. Kehilangan dapat berupa kerusakan mutu ( kualitatif ) dan kehilangan kuantitatif yang biasanya meliputi kehilangan akibat busuk (disebabkan oleh bakteri, jamur, kapang), perompesan, kerusakan mekanis (luka, memar), susut bobot, berkecambah, perubahan warna dan lain-lain.

Mengingat kehilangan pasca panen sayuran yang tinggi, sedangkan permintaan konsumen belum sepenuhnya terpenuhi, maka perlu segera dilakukan usaha penekanan kehilangan hasil, melalui perbaikan teknologi yang dimulai sejak prapanen, yang dilanjutkan dengan pemanenan dan tahap-tahap pasca panen selanjutnya sebelum sampai ke tangan konsumen.

Teknologi penanganan pasca panen dapat digunakan untuk mempertahankan mutu dan masa simpan sayuran. Disamping perlakuan pendinginan, sayuran sering disimpan dalam kemasan film. Oleh karena sifat karakteristik film plastik yang hanya meloloskan sebagian gas baik dari luar maupun dari dalam kemasan, maka akan terbentuk lingkungan yang spesifik di dalam kemasan akibat respirasi dan metabolisme sayuran. Pengetahuan tentang lingkungan yang optimum untuk sayuran, serta jenis film kemasan yang dapat menghasilkan lingkungan



tersebut dibutuhkan untuk dapat mempertahankan mutu dan masa simpan. Kemajuan dalam desain dan fabrikasi plastik polimer dengan kisaran permeabilitas gas yang semakin luas, mendorong penggunaan plastik dalam penyimpanan secara udara termodifikasi. Penyimpanan secara udara termodifikasi yang dikombinasikan dengan pendinginan bertujuan untuk meningkatkan efektivitas suhu rendah guna memperpanjang masa simpan.

Udara termodifikasi diartikan sebagai suatu keadaan dimana komposisi udara di sekitar bahan yang disimpan berbeda dengan komposisi udara atmosfer. Perbedaan komposisi udara tersebut mungkin disengaja dengan cara menambah atau mengurangi konsentrasi gas di dalam kemasan (aktif), atau terbentuk akibat kegiatan respirasi dan metabolisme bahan yang disimpan (pasif) (*Purwadaria dan Gunadnya, 1992*).

Pada penelitian ini digunakan komoditi lobak putih dan lobak merah. Lobak biasanya dikonsumsi dalam keadaan segar, tetapi dapat juga dibuat acar, direbus, ditumis untuk campuran masakan.

Lobak putih dan lobak merah yang diletakan pada suhu ruang bertahan selama 3 hari. Di pasar swalayan Hero, lobak putih dijual dalam kemasan jenis polipropilen, dan lobak merah dalam kemasan polipropilen yang diberi lubang berdiameter 5 mm, pada suhu penyimpanan 10°C. Dalam keadaan seperti itu, masa simpan lobak

tersebut dibutuhkan untuk dapat mempertahankan mutu dan masa simpan. Kemajuan dalam desain dan fabrikasi plastik polimer dengan kisaran permeabilitas gas yang semakin luas, mendorong penggunaan plastik dalam penyimpanan secara udara termodifikasi. Penyimpanan secara udara termodifikasi yang dikombinasikan dengan pendinginan bertujuan untuk meningkatkan efektivitas suhu rendah guna memperpanjang masa simpan.

Udara termodifikasi diartikan sebagai suatu keadaan dimana komposisi udara di sekitar bahan yang disimpan berbeda dengan komposisi udara atmosfer. Perbedaan komposisi udara tersebut mungkin disengaja dengan cara menambah atau mengurangi konsentrasi gas di dalam kemasan (aktif), atau terbentuk akibat kegiatan respirasi dan metabolisme bahan yang disimpan (pasif) (*Purwadaria dan Gunadnya, 1992*).

Pada penelitian ini digunakan komoditi lobak putih dan lobak merah. Dipilih lobak putih dan lobak merah karena (1) lobak biasanya dikonsumsi dalam keadaan segar, (2) masa simpan lobak pendek, (3) untuk penjualan di pasar swalayan lobak biasanya dikemas terlebih dahulu.

Lobak putih dan lobak merah memiliki masa simpan tiga hari bila diletakan pada suhu ruang. Di pasar swalayan Hero, lobak putih dijual dalam kemasan jenis polipropilen, dan lobak merah dalam kemasan polipropi-





len yang diberi lubang berdiameter 5 mm, pada suhu penyimpanan 10°C. Dalam keadaan seperti itu, masa simpan lobak putih dan lobak merah bertambah panjang, yaitu menjadi enam hari. Pada Gambar 1 ditunjukkan lobak putih dan lobak merah yang dijual di pasar swalayan Hero. Volume penjualan lobak putih kelompok tani "PACET SEGAR", yang memasok pasar swalayan Hero, kurang lebih sebesar 20.5 ton/tahun, sedang untuk lobak merah sebesar 15 ton/tahun.

## B. TUJUAN

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengukur laju respirasi lobak putih dan lobak merah pada beberapa tingkat suhu penyimpanan.
2. Menentukan daerah udara termodifikasi untuk penyimpanan lobak putih dan lobak merah.
3. Menentukan tingkah laku perkembangan parameter mutu selama penyimpanan yang menjadi acuan konsumen.
4. Memilih jenis film kemasan untuk penyimpanan lobak putih dan lobak merah secara udara termodifikasi.





**Gambar 1. Kemasan Lobak Putih dan Lobak Merah yang Ada di Pasar Swalayan.**

Halaman ini adalah hak cipta milik IPB University dan tidak boleh disebarluaskan atau digunakan untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari IPB University. Untuk informasi lebih lanjut, silakan hubungi IPB University.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. TANAMAN LOBAK

Tanaman lobak berasal dari Asia Barat, khususnya Cina. Kemudian menyebar ke seluruh daratan Asia, Amerika Selatan, Afrika dan daerah tropis lainnya. Sebutan lain dari lobak adalah *Daikon* (Asia), *Radish* (Inggris), *Lu Fu* (Cina), *Mullong* (India), *Labaños* (Filipina), *Monla* (Birma), *Rabano* (Spanyol).

Tanaman lobak ini merupakan tanaman tahunan yang termasuk dalam famili *Cruciferae*, famili yang sama dengan kubis, mustard.

Akarnya berbentuk umbi yang dapat dimakan. Kulit luar dari umbi dapat berwarna merah maupun putih tergantung dari varietasnya. Jaringan dalam umbi berwarna putih. Umbi dari lobak merah berbentuk bulat, sedang umbi lobak putih berbentuk silinder memanjang. Ujung dari umbi lobak biasanya runcing. Menurut *Pantastico (1986)* umbi akar ini akan berpori bila semakin tua.

Batangnya lurus dan berbulu. Daunnya berwarna hijau tua dan agak berbulu, kadang-kadang lembaran daun sebelah ujung lebih besar dari pada pangkalnya, sedang pinggirannya berlekuk. Pada lobak putih panjang daun kira-kira 60 cm, dengan jumlah 8 - 12 pasang

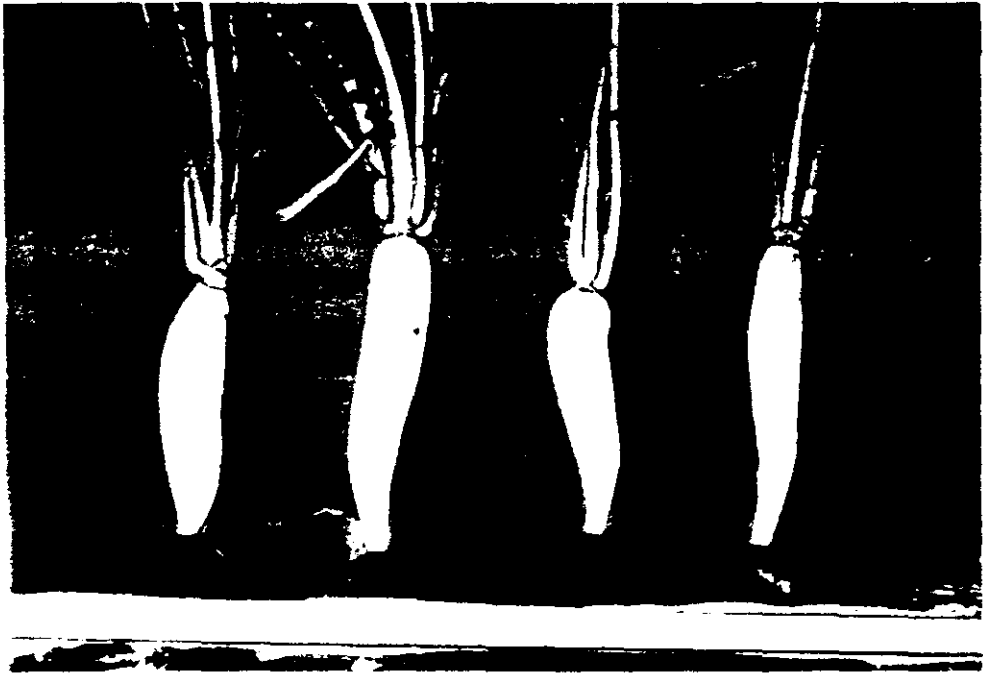
helai. Lobak merah memiliki daun lebih pendek, panjangnya kira-kira 25 cm. Umbi dan daunnya jika dimakan rasanya agak pedas, karena kandungan glikosidanya.

Bunga tanaman lobak berwarna putih atau merah muda. Bentuknya kecil, tersusun satu demi satu sepanjang batang.

Buahnya bergelembung dengan ujung yang panjang berbentuk kerucut. Panjang buah lobak ini kira-kira 3 - 7 cm dan diameternya 1.5 cm. Didalam buah ini terkandung 6 - 12 biji. Bijinya berwarna kuning atau coklat. Dalam 1 gram terdapat 70 - 100 biji.

Secara taksonomi, lobak putih dan lobak merah termasuk ke dalam :

- Divisio : *Tracheophyta*  
 Sub Divisio : *Spermatophyta*  
 Klas : *Angiospermae*  
 Sub Klas : *Dicotyledoneae*  
 Ordo : *Papaverales*  
 Famili : *Cruciferae*  
 Genus : *Raphanus*  
 Spesies : *Raphanus sativus* L. var *hortensis*  
 (lobak putih)  
*Raphanus sativus* L. var. *radicula*  
 (lobak merah).



Gambar 2. Lobak Putih.



LOBAK MERAH

Gambar 3. Lobak Merah.

Tanaman lobak dapat tumbuh pada kondisi iklim yang bervariasi, walaupun sebenarnya kondisi optimum tumbuh di daerah tropis berhawa sejuk. Tanah yang baik untuk tanaman ini adalah tanah humus yang subur, dan udara yang dingin dengan pH tanah 6 - 7 (*Tindall, 1986*). Karena itu lobak banyak dibudidayakan di beberapa tempat dataran tinggi Indonesia.

Jika biji lobak telah tumbuh, maka akan dibiarkan sampai tanaman menjadi kuat, baru kemudian diperjarang. Dari tiap rumpun ditinggalkan dua tanaman yang paling baik. Tanaman lainnya dicabut dan dijual sebagai lalap.

Setelah tanaman agak besar dan umbi akar telah terbentuk, kemudian dilakukan penimbunan, untuk mencegah agar pangkal umbi tidak berserat. Pemupukan dilakukan dengan pupuk kandang atau pupuk buatan yang mengandung nitrogen.

Lobak putih dapat dipanen setelah 30 - 50 hari setelah ditanam dan lobak merah dipanen setelah 20 - 25 hari setelah ditanam, tergantung pada cara penanaman, iklim dan tingkat kemasakan. Pada tingkat ini umbi masih lunak, tidak begitu getir dan renyah, dan biasanya sudah mencapai ukuran yang sesuai untuk dipasarkan. Lobak dipanen pada tingkat kemasakan ini sebelum berempulur dan berserabut. Waktu dipanen seluruh tanaman dicabut (*Pantastico, 1986*).

Pemasaran dapat dilakukan dengan atau tanpa daun. Bila daun-daun disertakan, daun-daun itu diikat. Bila tanpa daun, pemotongan daun-daunnya dilakukan setelah pencabutan.

Komposisi kimia lobak seperti terlihat pada Tabel 1, diketahui bahwa kandungan air lobak sangat tinggi yaitu sekitar 94.1 gram pada tiap 100 gram bahan, atau sekitar 94.1 % dari lobak adalah air. Kandungan air yang tinggi ini yang menyebabkan lobak mudah rusak.

Tabel 1. Komposisi zat gizi lobak per 100 gram

Komponen	Jumlah
Kalori (kal)	19
Protein ( g )	0.9
Lenak ( g )	0.1
Karbohidrat ( g )	4.2
Kalsium ( mg)	35
Fosfor ( mg)	26
Besi ( mg)	0.6
Vitamin A (I.U.)	10
Vitamin B <sub>1</sub> ( mg)	0.03
Vitamin C ( mg)	32
Air ( g )	94.1

Sumber : Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI (1979)

Menurut Biro Pusat Statistik jumlah produksi lobak di Indonesia semakin bertambah dari tahun ke tahun (Tabel 2). Hal ini disebabkan karena cara penanaman yang semakin baik, juga luas areal tanah untuk penanaman lobak cenderung meningkat.

Tabel 2. Produksi lobak di Indonesia

Tahun	Luas areal (Ha)	Jumlah produksi (ton)
1986	3278	26267
1987	3760	35057
1988	2895	22119
1989	3429	27958
1990	3753	30891
1991	4063	33812

Sumber : Biro Pusat Statistik

## B. RESPIRASI

Sebagian besar perubahan-perubahan fisikokimiawi yang terjadi dalam sayuran yang sudah dipanen berhubungan dengan metabolisme oksidatif, termasuk didalamnya respirasi (*Pantastico, 1986*).

Yang dimaksud dengan respirasi atau pernafasan adalah suatu proses metabolisme dengan cara mengguna-



kan  $O_2$  dalam pembakaran senyawa makromolekul seperti karbohidrat, protein dan lemak yang akan menghasilkan  $CO_2$ , air dan sejumlah besar elektron-elektron (*Winarno dan Aman, 1981*). Sedangkan menurut *Syaifullah (1979)* respirasi adalah proses pengikatan  $O_2$  oleh persenyawaan karbon yang terdapat dalam gula, yang menghasilkan  $CO_2$ , air dan energi panas, bau-bauan dan etilen.

Menurut *Pantastico (1986)*, respirasi dibedakan dalam tiga tingkat, yaitu (1) pemecahan polisakarida menjadi gula sederhana, (2) oksidasi gula menjadi asam piruvat, dan (3) transformasi piruvat dan asam-asam organik lainnya secara aerobik menjadi  $CO_2$ , air dan energi.

Respirasi normal terjadi dengan persamaan sebagai berikut:  $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \longrightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O + \text{energi}$ . Energi yang dihasilkan oleh respirasi kira-kira sebesar 16 MJ/kg (*Mannapperuma, et al., 1988*).

Menurut *Pantastico (1986)* besar kecilnya respirasi dapat diukur dengan menentukan jumlah substrat yang hilang,  $O_2$  yang diserap,  $CO_2$  yang dikeluarkan, panas yang dihasilkan dan energi yang timbul. Tetapi pada kenyataannya, yang diukur hanya laju penggunaan  $O_2$  atau laju pengeluaran  $CO_2$ . Dalam proses respirasi terdapat beberapa senyawa penting yang digunakan untuk mengukur proses ini adalah glukosa, ATP,  $CO_2$  dan  $O_2$  (*Winarno dan Aman, 1981*).

Laju respirasi merupakan petunjuk yang baik untuk daya simpan sayuran sesudah dipanen. Intensitas respirasi dianggap sebagai ukuran laju jalannya metabolisme dan sering dianggap sebagai petunjuk mengenai potensi daya simpan sayuran. Laju respirasi yang tinggi biasanya disertai oleh umur simpan pendek. Hal itu juga merupakan petunjuk laju kemunduran mutu dan nilainya sebagai bahan makanan. Menurut Syaifullah (1979), penurunan mutu yang akhirnya terjadi pembusukan, mengakibatkan bahan pangan akan berubah nilai estetika, gizi dan kesehatannya.

Selama proses pertumbuhan terjadi respirasi. Laju respirasi tinggi pada saat pembelahan sel dan menurun pada tahap pembesaran sel. Setelah itu laju respirasi dapat tiba-tiba naik kemudian turun, atau terus turun dengan perlahan-lahan sampai pada tahap pelayuan (Winarno dan Aman, 1981). Setelah dipanen, sayuran masih tetap bernafas. Laju respirasinya tergantung pada suhu penyimpanan dan ketersediaan  $O_2$  untuk bernafas.

Menurut Pantastico (1986) terdapat dua faktor yang mempengaruhi respirasi, yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal terdiri dari tingkat perkembangan organ, susunan kimiawi jaringan, ukuran produk, pelapis alami dan jenis jaringan. Faktor eksternal terdiri dari pengaruh suhu, pemberian

etilen,  $O_2$  yang tersedia, konsentrasi  $CO_2$ , adanya zat pengatur pertumbuhan dan kerusakan sayuran.

### C. TEKNIK PENYIMPANAN SECARA UDARA TERMODIFIKASI

Komposisi udara di ruang penyimpanan mempunyai pengaruh yang besar terhadap sifat-sifat bahan segar yang disimpan. Konsentrasi gas-gas yang ada saling mempengaruhi metabolisme komoditi yang disimpan.

Proses penyimpanan dengan udara termodifikasi merupakan teknologi baru dalam penyimpanan buah-buahan dan sayuran. Penyimpanan secara udara termodifikasi berarti merubah atau menambahkan gas ke dalam komposisi udara di sekitar komoditi yang berbeda dengan komposisi udara normal (78.08%  $N_2$ , 20.95%  $O_2$  dan 0.03%  $CO_2$ ).

Teknik penyimpanan ini digunakan untuk memperpanjang umur simpan produk segar dengan cara mengemasnya dalam suatu kemasan yang permeabel. Pengemasan secara udara termodifikasi ini dapat menurunkan laju respirasi, menghambat proses pematangan dan perubahan lain dalam produk melalui pengaturan komposisi gas yang optimum untuk masing-masing produk di dalam kemasan produk tersebut.

Pada penyimpanan dengan udara termodifikasi, konsentrasi  $CO_2$  dan  $O_2$  diatur dan ditentukan berdasar-

kan laju respirasi dari produk dan derajat permeabilitas bahan film kemasan.

Menurut *Hall et al. (1986)* penyimpanan komoditi dengan pendinginan harus dilakukan untuk menghindari kerusakan-kerusakan terutama di daerah tropika dan subtropika.

Penyimpanan secara udara termodifikasi bila dikombinasikan dengan pendinginan, dengan nyata menghambat kegiatan respirasi, dan dapat menunda pelunakan, penguningan, perubahan mutu, dan proses pembongkaran lainnya. Pada daerah beriklim tropika yang panas, penyimpanan secara udara termodifikasi tidak dianjurkan tanpa dikombinasikan dengan pendinginan, oleh karena kerusakan akan berlangsung lebih cepat akibat penimbunan panas dan  $CO_2$  (*Pantastico, 1986*).

Jumlah komposisi udara dalam udara termodifikasi diatur oleh laju respirasi dari produk segar yang disimpan (Gambar 4). Makin lama masa simpan, kadar  $O_2$  akan menurun dan kadar  $CO_2$  meningkat, sehingga tercapai kondisi udara penyimpanan.

etilen,  $O_2$  yang tersedia, konsentrasi  $CO_2$ , adanya zat pengatur pertumbuhan dan kerusakan sayuran.

### C. TEKNIK PENYIMPANAN SECARA UDARA TERMODIFIKASI

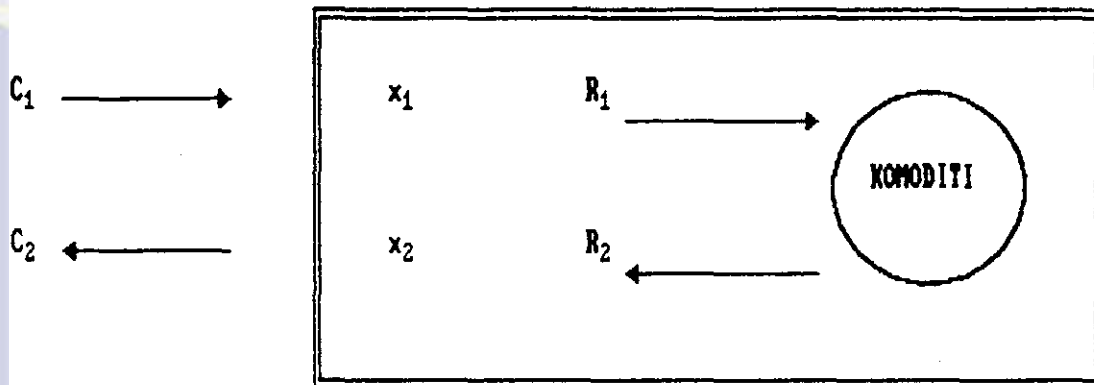
Komposisi udara di ruang penyimpanan mempunyai pengaruh yang besar terhadap sifat-sifat bahan segar yang disimpan. Konsentrasi gas-gas yang ada saling mempengaruhi metabolisme komoditi yang disimpan.

Proses penyimpanan dengan udara termodifikasi merupakan teknologi baru dalam penyimpanan buah-buahan dan sayuran. Penyimpanan secara udara termodifikasi berarti merubah atau menambahkan gas ke dalam komposisi udara di sekitar komoditi yang berbeda dengan komposisi udara normal ( $78.08\% N_2$ ,  $20.95\% O_2$  dan  $0.03\% CO_2$ ).

Teknik penyimpanan ini digunakan untuk memperpanjang umur simpan produk segar dengan cara mengemasnya dalam suatu kemasan yang permeabel. Pengemasan secara udara termodifikasi ini dapat menurunkan laju respirasi, menghambat proses pematangan dan perubahan lain dalam produk melalui pengaturan komposisi gas yang optimum untuk masing-masing produk di dalam kemasan produk tersebut.

Pada penyimpanan dengan udara termodifikasi, konsentrasi  $CO_2$  dan  $O_2$  diatur dan ditentukan berdasar-





Keterangan :

$C_1$  = konsentrasi  $O_2$  udara normal

$C_2$  = konsentrasi  $CO_2$  udara normal

$x_1$  = konsentrasi  $O_2$  udara dalam kemasan

$x_2$  = konsentrasi  $CO_2$  udara dalam kemasan

$R_1$  = laju konsumsi  $O_2$

$R_2$  = laju konsumsi  $CO_2$

Gambar 4. Model Penyimpanan Udara Termodifikasi

Konsentrasi  $O_2$  yang rendah dapat mempunyai pengaruh sebagai berikut : (1) laju respirasi dan oksidasi substrat menurun, (2) pematangan tertunda dan sebagai akibatnya umur komoditi menjadi lebih panjang, (3) perombakan klorofil tertunda, (4) produksi  $C_2H_4$  rendah, (5) laju pembentukan asam askorbat berkurang, (6) perbandingan asam-asam lemak tak jenuh berubah, dan (7) laju degradasi senyawa pektin tidak secepat seperti dalam udara (Ulrich, 1986).

Selanjutnya kandungan  $CO_2$  dalam sel yang tinggi mengarah keperubahan fisiologi berikut :(1) penurunan reaksi-reaksi sintesis pematangan ( misalnya protein, zat warna), (2) penghambatan beberapa kegiatan enzimatik, (3) penurunan produksi zat-zat atsiri, (4) gangguan metabolisme asam organik.

#### D. FILM KEMASAN

Menurut Hall et al. (1986) fungsi asli pengemasan adalah mawadahi, mengangkut dan mengeluarkan hasil. Meskipun demikian, penggunaan film kemasan sebagai bahan pengemas memungkinkan banyak variasi dan serbaguna seperti melindungi, mengawetkan, menyimpan, menyampaikan dan memamerkan produk.

Pada umumnya film kemasan bersifat lebih permeabel terhadap gas  $CO_2$  dibanding terhadap  $O_2$ , sehingga



laju akumulasi  $\text{CO}_2$  dari respirasi lebih sedikit daripada laju penyusutan  $\text{O}_2$ . Bila kantung film ditutup rapat dimana dalam kantung tersebut terdapat komoditi sayuran maka prosentase  $\text{O}_2$  dalam kantung akan menurun, sedang gas  $\text{CO}_2$  akan bertambah banyak.

Dalam kemasan yang rapat semua  $\text{O}_2$  bebas dalam waktu singkat akan terpakai habis, respirasi menjadi anaerobik dan terbentuklah zat-zat menguap seperti alkohol dan  $\text{CO}_2$ . Kandungan 20%  $\text{CO}_2$  atau lebih dapat menimbulkan kerusakan, konsentrasi ini sering ditemui pada kemasan yang tertutup rapat pada suhu ruang (*Hall et al., 1986*).

Menurut *Hall et al. (1986)* pula pada usaha penggunaan film kemasan untuk pengembangan udara termodifikasi yang menguntungkan melalui respirasi barang yang dikemas, ada banyak persoalan. Suhu, kelembaban, waktu, jenis dan tebalnya film kemasan mempengaruhi lingkungan di dalam kemasan. Selain itu, jenis dan berat produk yang dikemas, juga mempengaruhi kandungan  $\text{O}_2$  dan  $\text{CO}_2$  dalam kemasan (*Deily dan Rizvy, 1981*).

Beberapa jenis film kemasan menurut *Sunaryo (1986)* adalah PE (Polietilen), PP (Polipropilen) dan PVC (Poli Vinil Chlorida).

Sifat-sifat PE adalah mudah dibentuk, cukup tahan terhadap berbagai bahan kimia, jernih penampakannya dan mudah digunakan sebagai laminasi. Penggunaan PE





### III. PENDEKATAN TEORITIS

Penyimpanan sayuran dalam kemasan film permeabel merupakan sistem dinamis dan ada dua proses yang terjadi bersamaan, yaitu proses respirasi serta perembesan O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> ke dalam dan keluar kemasan. Sayuran menggunakan secara terus menerus O<sub>2</sub> untuk kegiatan respirasi dan kegiatan ini menghasilkan CO<sub>2</sub>. Akibatnya terjadi perbedaan kandungan O<sub>2</sub> antara bagian dalam dan luar kemasan sehingga O<sub>2</sub> akan merembes kedalam kemasan. Sebaliknya kandungan CO<sub>2</sub> dalam kemasan bertambah dan dalam waktu yang bersamaan akan merembes keluar kemasan (*Deily dan Rivzi, 1981*).

*Mannapperuma et al. (1988)* membuat model perhitungan perubahan konsentrasi udara dalam kemasan dalam kondisi dinamis dihitung dengan menggunakan formulasi:

- Untuk O<sub>2</sub> :

$$V \frac{dx_1}{dt} = \frac{P A}{b} (c_1 - x_1) - W * R_1 \quad (1)$$

- Untuk CO<sub>2</sub> :

$$V \frac{dx_2}{dt} = \frac{P A}{b} (x_2 - c_2) - W * R_2 \quad (2)$$

dimana :

- A : Luas permukaan kemasan film (m<sup>2</sup>)
- b : Tebal kemasan film (mil)

- $c_1$  : Konsentrasi  $O_2$  dalam udara normal (persen)  
 $c_2$  : Konsentrasi  $CO_2$  dalam udara normal (persen)  
 $P$  : Permeabilitas kemasan (ml-mil/m<sup>2</sup>-jam)  
 $R_1$  : Laju konsumsi  $O_2$  (ml/kg-jam)  
 $R_2$  : Laju produksi  $CO_2$  (ml/kg-jam)  
 $t$  : Waktu (jam)  
 $V$  : Volume udara bebas dalam kemasan (ml)  
 $W$  : Massa produk yang dikemas (kg)  
 $x_1$  : Konsentrasi  $O_2$  dalam kemasan (persen)  
 $x_2$  : Konsentrasi  $CO_2$  dalam kemasan (persen)

Pada saat kondisi udara dalam kemasan telah mencapai kesetimbangan, dimana :

$$\frac{dx_1}{dt} = 0 \quad \text{dan} \quad \frac{dx_2}{dt} = 0 \quad \text{maka persamaan (1) dan (2)}$$

dalam keadaan statis, dapat diubah menjadi :

- Untuk  $O_2$  :

$$W = \frac{P \cdot A}{b \cdot R_1} (c_1 - x_{e1}) \quad (3)$$

$$x_{e1} = c_1 - \frac{b \cdot W \cdot R_1}{P \cdot A} \quad (4)$$

- Untuk  $CO_2$  :

$$W = \frac{P \cdot A}{b \cdot R_2} (x_{e2} - c_2) \quad (5)$$

$$x_{e2} = c_2 + \frac{b \cdot W \cdot R_2}{P \cdot A} \quad (6)$$



dimana :

$W$  : Massa produk yang dikemas (kg)

$x_{e1}$  : Konsentrasi  $O_2$  dalam kemasan pada kondisi kesetimbangan (%)

$x_{e2}$  : Konsentrasi  $CO_2$  dalam kemasan pada kondisi kesetimbangan (%)

Pada pengukuran laju respirasi dengan metode sistem tertutup, produk disimpan dalam kemasan tertutup dan komposisi udara dianalisa untuk periode tertentu pada daerah linier. Laju respirasi pada waktu tertentu dihitung dengan kesetimbangan massa dari komponen udara sebagai berikut :

$$R_1 = \frac{V}{W} \frac{dx_1}{dt} \quad (7)$$

$$R_2 = \frac{V}{W} \frac{dx_2}{dt} \quad (8)$$

Untuk pendugaan konsentrasi gas  $O_2$  dan  $CO_2$  dalam kemasan sesaat dan konsentrasi kesetimbangan dapat digunakan persamaan-persamaan berikut ini.

Dari persamaan (1) diperoleh :

$$\frac{dx_1}{dt} = \frac{P A}{b V} c_1 - \frac{P A}{b V} x_1 - \frac{W R_1}{V} \quad (9)$$

$$\text{misalkan } J = \frac{P A}{b V} \quad \text{dan} \quad S = \frac{W R_1}{V}$$





Dengan cara yang sama dapat diperoleh :

$$x_2(t) = x_{e2} + (c_2 - x_{e2}) \exp \left[ - \frac{P A}{b V} t \right] \quad (12)$$

dimana :

$x_1(t)$  : Konsentrasi  $O_2$  dalam kemasan sesaat (%)

$x_2(t)$  : Konsentrasi  $CO_2$  dalam kemasan sesaat (%)

$x_{e1}$  : Konsentrasi  $O_2$  dalam kondisi kesetimbangan (%)

$x_{e2}$  : Konsentrasi  $CO_2$  dalam kondisi kesetimbangan (%)

Cara pemilihan film kemasan yang dikemukakan oleh *Mannapperuma et al. (1989)* adalah pemecahan secara grafik dengan persamaan sebagai berikut :

$$x_2 = c_2 + \frac{1}{\beta} (c_1 - x_1) \frac{R_2}{R_1} \quad (13)$$

dimana :

$c_1$  : Konsentrasi  $O_2$  dalam udara normal (persen)

$c_2$  : Konsentrasi  $CO_2$  dalam udara normal (persen)

$R_1$  : Laju konsumsi  $O_2$  (ml/kg-jam)

$R_2$  : Laju produksi  $CO_2$  (ml/kg-jam)

$x_1$  : Konsentrasi  $O_2$  dalam kemasan (persen)

$x_2$  : Konsentrasi  $CO_2$  dalam kemasan (persen)

$\beta$  : Rasio permeabilitas film kemasan terhadap  $CO_2$   
dan  $O_2$  ( =  $P_2/P_1$  )

Nilai  $\beta$  ini yang membatasi penggunaan film kemasan untuk mengemas produk, agar di dalam kemasan tercapai komposisi udara sesuai dengan daerah udara termodifikasi.





#### IV. METODE PENELITIAN

##### A. BAHAN DAN ALAT

Bahan yang digunakan adalah lobak putih dan lobak merah. Lobak putih dan lobak merah ini diperoleh dari kebun "PACET SEGAR", di daerah Cipanas, Jawa Barat.

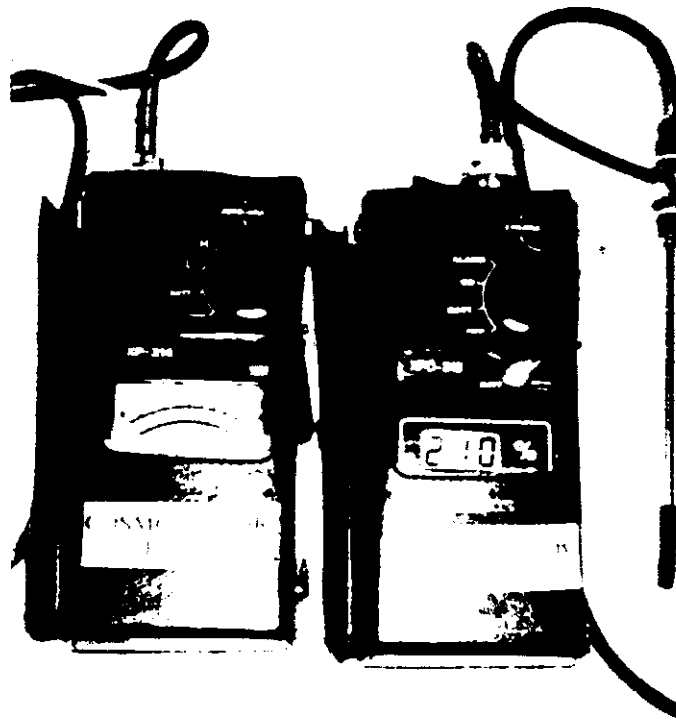
Bahan lain yang digunakan adalah beberapa jenis film kemasan, wadah plastik, selang plastik, ring yang terbuat dari besi.

Bahan pembantu adalah gas CO<sub>2</sub> dan gas N<sub>2</sub> dari tabung gas; untuk membantu mengatur komposisi gas yang diinginkan, perekat, *sealed tape*, cat kayu, malam.

Alat yang digunakan untuk pengujian adalah Cosmo-tector tipe XPO-318 untuk pengukuran O<sub>2</sub>, tipe XP-314 untuk pengukuran CO<sub>2</sub> (Gambar 5), mesin Instron (Gambar 6) untuk uji kekerasan, dan *chromameter* (Gambar 7) Minolta tipe CR-200 untuk pengukuran warna.

Alat lainnya adalah stoples dengan volume rata-rata 3325 ml untuk wadah lobak pada pengukuran laju respirasi, aerator untuk menambahkan O<sub>2</sub> dalam stoples, timbangan *Mettler* untuk menimbang produk, gelas ukur untuk mengukur volume bebas dalam stoples, jangka sorong untuk mengukur tinggi penekanan, penjepit.

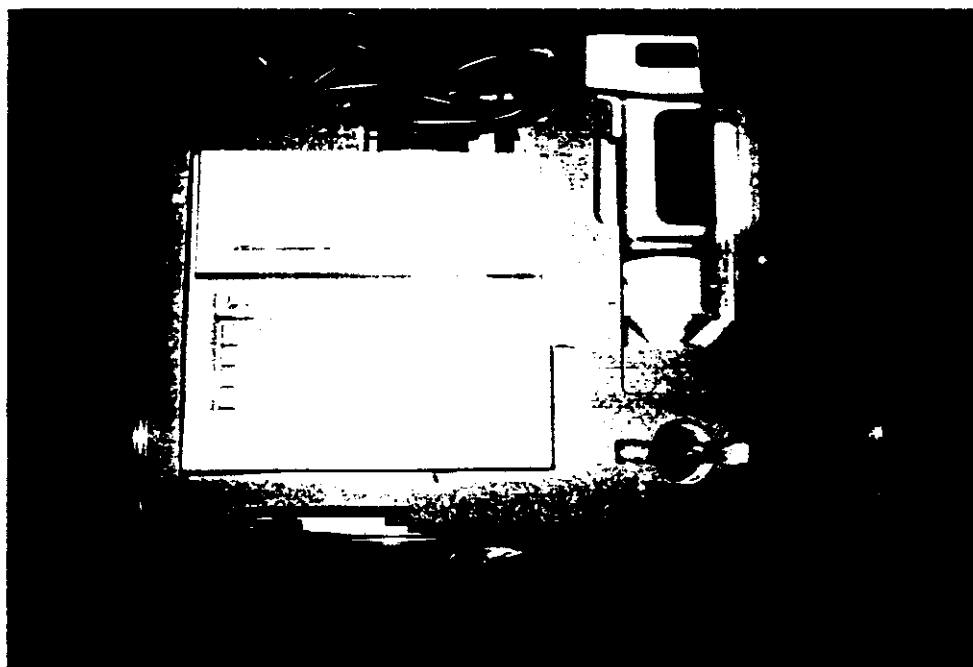
Untuk penyimpanan produk pada suhu yang diinginkan digunakan ruang pendingin. Pengukuran kelengasan udara dan suhu di dalam ruang pendingin digunakan hygrometromograf.



Gambar 5. Cosmotector Tipe XP-314 dan Tipe XPO-318.



Gambar 6. Mesin Instron.



Gambar 7. Chromameter Minolta Tipe CR-200

## B. WAKTU DAN TEMPAT

Penelitian ini akan dilakukan mulai bulan Mei sampai September 1993.

Penelitian penyimpanan lobak ini bertempat di Laboratorium Energi dan Elektrifikasi Pertanian (Fateta, IPB) dan Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian (Fateta, IPB). Pengujian dilakukan di Laboratorium Kimia Pangan (PAU) dan Laboratorium Fisika (Pusbangtepa, Bogor).

## C. PERLAKUAN

Penentuan laju respirasi dicoba pada tiga taraf suhu penyimpanan, yaitu 5°C, 10°C dan suhu kamar, baik untuk lobak putih dan lobak merah.

Penentuan daerah udara termodifikasi untuk penyimpanan lobak putih dan lobak merah dicoba pada lima taraf konsentrasi, yaitu  $2 \pm 1\% \text{ O}_2$  dan  $3 \pm 1\% \text{ CO}_2$ ,  $6 \pm 1\% \text{ O}_2$  dan  $7 \pm 1\% \text{ CO}_2$ ,  $11 \pm 1\% \text{ O}_2$  dan  $12 \pm 1\% \text{ CO}_2$ ,  $2 \pm 1\% \text{ O}_2$  dan  $12 \pm 1\% \text{ CO}_2$ ,  $21\% \text{ O}_2$  dan  $0.03\% \text{ CO}_2$  sebagai kontrol.



Masing-masing taraf suhu dan konsentrasi gas dikombinasikan sehingga diperoleh sepuluh perlakuan. Tiap perlakuan ini dicobakan untuk dua kali ulangan.

Film kemasan yang digunakan untuk mengemas lobak putih dan lobak merah dipilih berdasarkan daerah udara termodifikasi, dan dilakukan pada suhu terpilih. Digunakan tiga jenis film kemasan, yaitu dua jenis film kemasan pada daerah udara termodifikasi dan satu jenis film kemasan di luar daerah udara termodifikasi.

#### D. PENGAMATAN

Lama penyimpanan baik untuk lobak putih maupun lobak merah masing-masing 12 hari. Dalam menentukan konsentrasi CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> optimum, dilakukan uji kekerasan, uji warna dan penilaian organoleptik. Pengamatan dilakukan pada lama penyimpanan 0, 4, 8 dan 12 hari.

##### 1. Pengujian Kekerasan

Modulus Secant (E) dapat dinyatakan sebagai besarnya tekanan per satuan luas dibandingkan dengan perubahan bentuk (deformasi) yang terjadi seperti digambarkan pada persamaan berikut :

$$E = \frac{( F / A )}{( \Delta L / L )}$$

dimana :

E : Modulus Secant (kg/cm<sup>2</sup>)

F : besarnya tekanan (kg)

A : luas bidang penekanan (cm<sup>2</sup>)

$\Delta L/L$ : perubahan yang terjadi

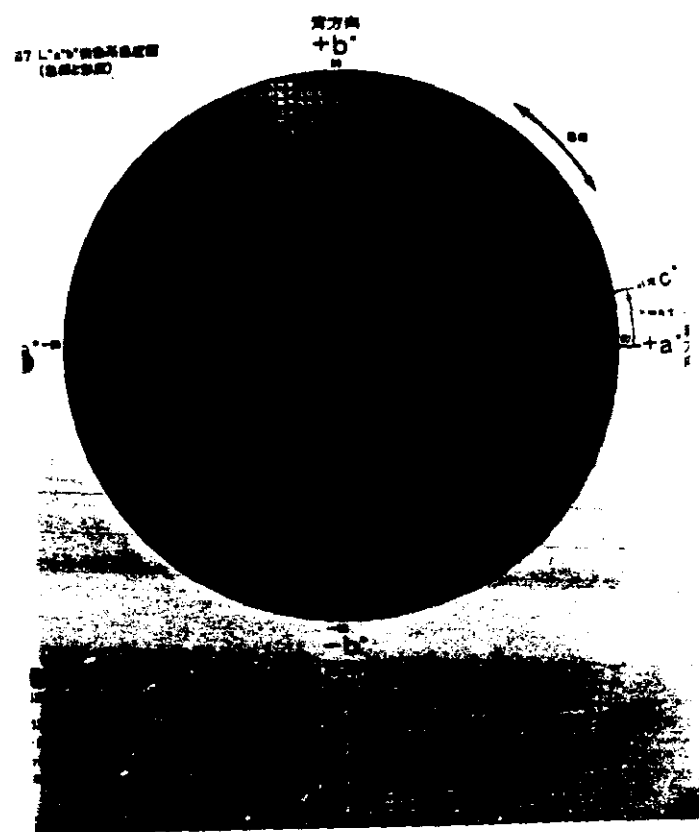
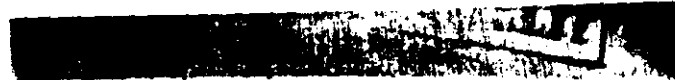
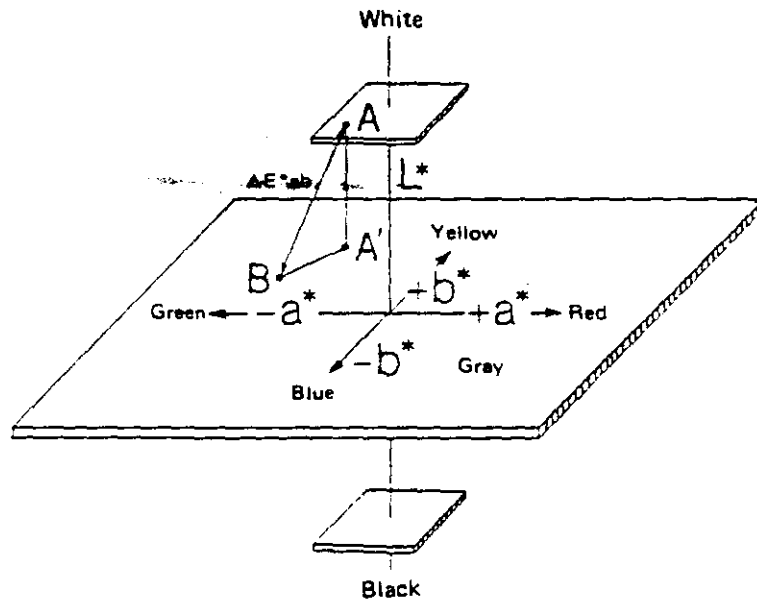
Perhitungan nilai kekerasan lobak dengan menggunakan Modulus Secant berdasarkan Grafik yang dihasilkan mesin Instron 1140 dapat dilihat pada Lampiran 11a. Pengukuran kekerasan lobak putih dan lobak merah seperti terlihat pada Gambar 10 dan 11.

## 2. Pengujian Warna

Warna terdiri dari tiga dimensi, yaitu *hue*, *chroma* dan *lightness*. Pada sistem pengukuran warna absolut  $L^* a^* b^*$ ,  $L^*$  menunjukkan faktor *lightness*,  $a^*$  dan  $b^*$  menunjukkan koordinat *chromaticity*. Pengukuran warna dengan sistem  $L^* a^* b^*$  seperti ditunjukkan pada Gambar 12. Pengujian warna lobak putih dan lobak merah dengan menggunakan alat *chromameter* seperti terlihat pada Gambar 13 dan 14.







Gambar 12. Pengukuran Warna dengan Sistem  $L^* a^* b^*$



Gambar 13. Pengukuran Warna Lobak Putih dengan Menggunakan *Chromameter* Minolta CR 200.



Gambar 14. Pengukuran Warna Lobak Merah dengan Menggunakan *Chromameter* Minolta CR 200.

### 3. Penilaian Organoleptik

Uji yang digunakan untuk penilaian organoleptik ini adalah uji perbandingan jamak. Pada uji ini diberikan satu contoh dari masing-masing perlakuan pada hari penyimpanan yang sama dan juga diberikan satu contoh pembanding segar.

Dalam pelaksanaannya panelis diminta memberikan skor berdasarkan skala kelebihan, yaitu lebih baik atau lebih buruk. Skala perbandingan yang digunakan adalah lebih baik, agak lebih baik, sama, agak lebih buruk, lebih buruk. Skala numerik yang dipakai adalah 1 sampai dengan 5, dimana lebih baik diberi skor 1 dan lebih buruk diberi skor 5 (Lampiran 11b). Diasumsikan bila rata-rata skor yang diberikan lebih besar dari 4.5 berarti komoditi ditolak oleh panelis.

### E. PROSEDUR PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari tiga tahap, yaitu :

1. Pengukuran laju respirasi lobak putih dan lobak merah.
2. Penentuan daerah udara termodifikasi untuk penyimpanan lobak putih dan lobak merah.
3. Pemilihan jenis film kemasan dan pendugaan konsentrasi gas  $O_2$  dan  $CO_2$  dalam model kemasan.

## 1. Pengukuran Laju Respirasi

Stoples yang digunakan sebagai *respiration chamber* disiapkan. Tutup stoples dilubangi dua buah, masing-masing lubang dilekatkan ring besi dan dimasukkan selang plastik, kemudian dicat. Pada ulir stoples dililitkan *sealed tape*.

Lobak putih dan lobak merah yang telah dicuci bersih ditimbang, sebanyak  $\pm 200$  gram untuk lobak putih dan  $\pm 100$  gram untuk lobak merah, lalu dimasukkan ke dalam stoples. Stoples dan selang plastik kemudian ditutup, pada bagian luar tutup stoples, tepi lubang pemasukan selang plastik dan ujung selang plastik dibalut dengan malam. Hal ini untuk mencegah masuknya  $O_2$  dari luar dan keluarnya  $CO_2$  dari dalam stoples.

Stoples yang berisi lobak tadi kemudian disimpan pada suhu  $5^\circ$ ,  $10^\circ C$  dan suhu ruang ( $27.5 \pm 1$ ) $^\circ C$ .

Pengukuran kandungan  $O_2$  dan  $CO_2$  dalam stoples dilakukan dengan menggunakan Cosmotector melalui selang plastik yang ada ditutup stoples. Pengukuran dilakukan sampai konsentrasi gas mendekati konstan.

Pengukuran laju respirasi untuk lobak putih dan lobak merah ditunjukkan berturut-turut pada Gambar 15 dan Gambar 16.





Gambar 15. Pengukuran Laju Respirasi Lobak Putih.





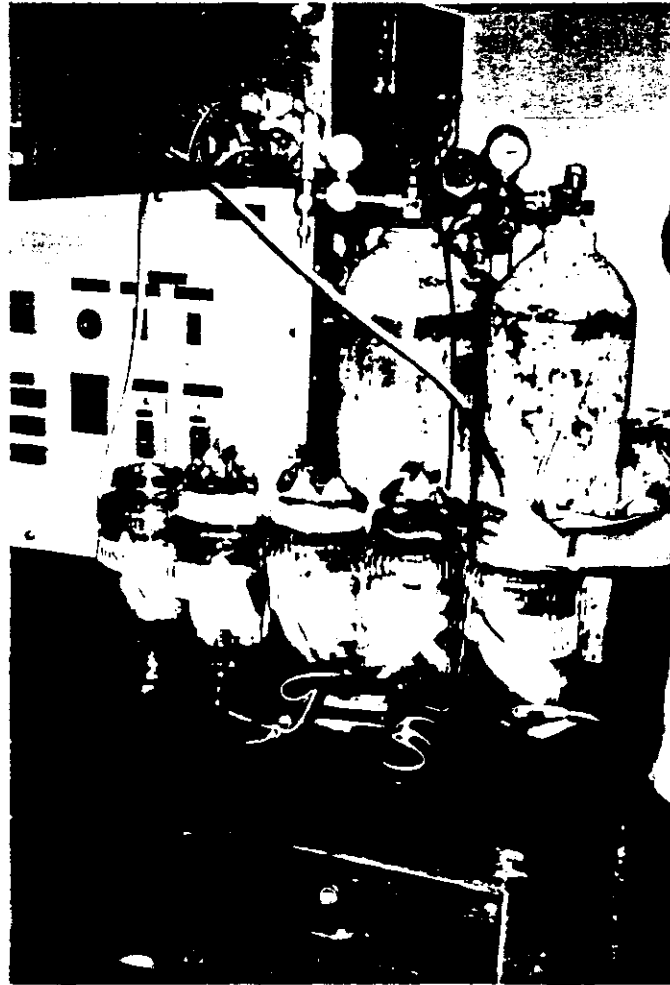
Gambar 16. Pengukuran Laju Respirasi Lobak Merah.

## 2. Penentuan Daerah Udara Termodifikasi

Lobak putih dan lobak merah disiapkan seperti pada tahap terdahulu, kemudian dimasukkan ke dalam stoples dan ditutup rapat. Stoples-stoples yang terisi lobak tadi disimpan pada ruang pendingin 5° dan 10°C.

Untuk menentukan daerah udara termodifikasi penyimpanan, dicoba lima taraf selang konsentrasi yaitu  $2 \pm 1 \% O_2$  dan  $3 \pm 1\% CO_2$ ,  $6 \pm 1 \% O_2$  dan  $7 \pm 1 \% CO_2$ ,  $11 \pm 1 \% O_2$  dan  $12 \pm 1\% CO_2$ ,  $2 \pm 1 \% O_2$  dan  $12 \pm 1 \% CO_2$ ,  $21 \% O_2$  dan  $0.03\% CO_2$  sebagai kontrol.

Kelebihan gas  $O_2$  dan  $CO_2$  diusir dengan menggunakan gas  $N_2$ . Kekurangan gas  $O_2$  ditambah dengan menggunakan aerator. Kekurangan gas  $CO_2$  ditambah dengan gas  $CO_2$  dari tabung gas. Pengendalian  $O_2$  dan  $CO_2$  dilakukan dua hari sekali. Gambar 17 dan Gambar 18 menunjukkan pengendalian gas  $O_2$  dan  $CO_2$  dalam stoples untuk lobak putih dan lobak merah.



Gambar 17. Pengendalian Gas  $O_2$  dan  $CO_2$  dalam Stoples untuk Lobak Putih.



Gambar 18. Pengendalian Gas  $O_2$  dan  $CO_2$  dalam Stoples untuk Lobak Merah.

### 3. Pemilihan Jenis Film Kemasan dan Pendugaan Konsentrasi Gas O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> dalam Model Kemasan.

Pemilihan jenis film kemasan ditentukan berdasarkan daerah udara termodifikasi untuk penyimpanan lobak. Berdasarkan metode *Mannapperuma et al. (1989)* dipilih jenis film kemasan yang memiliki nilai  $\beta$  dalam kisaran nilai  $\beta$  yang dibutuhkan. Nilai  $\beta$  merupakan ratio antara permeabilitas film kemasan terhadap gas CO<sub>2</sub> dengan gas O<sub>2</sub>. *Gunadnya (1993)* telah mengukur permeabilitas film kemasan menggunakan sel permeabilitas pada beberapa jenis film kemasan yang ada di Indonesia.

Dengan menggunakan Persamaan 3 dan 5 dihitung berat lobak yang akan dikemas. Kemudian lobak putih dan lobak merah yang telah bersih ditimbang sesuai berat tadi, dan dimasukkan ke dalam wadah plastik. Tepi wadah plastik diberi *double tape* untuk menghindari kebocoran gas. Wadah yang telah terisi lobak ditutup dengan film kemasan, dan film kemasan direkatkan pada bagian bawah wadah dengan menggunakan *cellophan tape*.

Dilakukan pengamatan secara visual terhadap pengembunan air pada permukaan kemasan selama penyimpanan.



Pada alas wadah plastik dibuat lubang yang kemudian dimasukkan selang plastik. Melalui selang plastik ini kandungan gas  $O_2$  dan  $CO_2$  dalam kemasan diukur. Pengukuran dilakukan setiap hari sampai mencapai konsentrasi kesetimbangan.

Untuk menduga konsentrasi  $O_2$  dan  $CO_2$  dalam kemasan dilakukan dengan menggunakan Persamaan 11 dan 12.

## F. RANCANGAN PERCOBAAN

Penentuan laju respirasi lobak putih dan lobak putih dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap, dengan perlakuan suhu penyimpanan sebanyak tiga taraf yaitu  $5^\circ$ ,  $10^\circ C$  dan suhu kamar.

Percobaan penentuan daerah udara termodifikasi untuk penyimpanan lobak dirancang dengan Rancangan Acak Lengkap dengan percobaan faktorial tiga faktor, yaitu konsentrasi gas, suhu dan lama penyimpanan. Model linier untuk disain rancangan ini adalah (Sudjana, 1988):

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\beta\tau)_{jk} + (\alpha\tau)_{ik} + (\alpha\beta\tau)_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$$

$$i = 1, 2, 3, 4, 5$$

$$k = 1, 2, 3, 4$$

$$j = 1, 2$$

$$l = 1, 2$$

dinana :

- $Y_{ijkl}$  : nilai hasil pengukuran pada lobak yang menerima perlakuan konsentrasi gas taraf ke-i, suhu taraf ke-j dan lama penyimpanan taraf ke-k pada ulangan ke-l
- $\mu$  : nilai rata-rata umum
- $\alpha_i$  : pengaruh konsentrasi taraf ke-i
- $\beta_j$  : pengaruh suhu taraf ke-j
- $\tau_k$  : pengaruh lama penyimpanan taraf ke-k
- $(\alpha\beta)_{ij}$  : pengaruh interaksi konsentrasi taraf ke-i dan suhu penyimpanan taraf ke-j
- $(\beta\tau)_{jk}$  : pengaruh interaksi suhu taraf ke-j dan lama penyimpanan taraf ke-k
- $(\alpha\tau)_{ik}$  : pengaruh interaksi konsentrasi taraf ke-i dan lama penyimpanan taraf ke-k
- $(\alpha\beta\tau)_{ijk}$  : pengaruh interaksi konsentrasi taraf ke-i, suhu taraf ke-j dan lama penyimpanan taraf ke-k
- $\epsilon_{ijkl}$  : pengaruh sisa perlakuan konsentrasi taraf ke-i, suhu taraf ke-j dan lama penyimpanan taraf ke-k

Uji organoleptik dirancang dengan menggunakan Rancangan Blok Acak Lengkap, dengan model matematika sebagai berikut (*Sudjana, 1988*) :



$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, 20$  (banyak panelis)

$j = 1, 2, 3, \dots, a$  (banyak perlakuan)

$a = 10$  untuk penentuan daerah udara termodifikasi

$a = 3$  untuk pemilihan jenis kemasan

dimana :

$Y_{ij}$  : nilai hasil uji organoleptik pada lobak yang menerima perlakuan taraf ke- $j$  menurut pendapat panelis ke- $i$

$\mu$  : nilai rata-rata umum

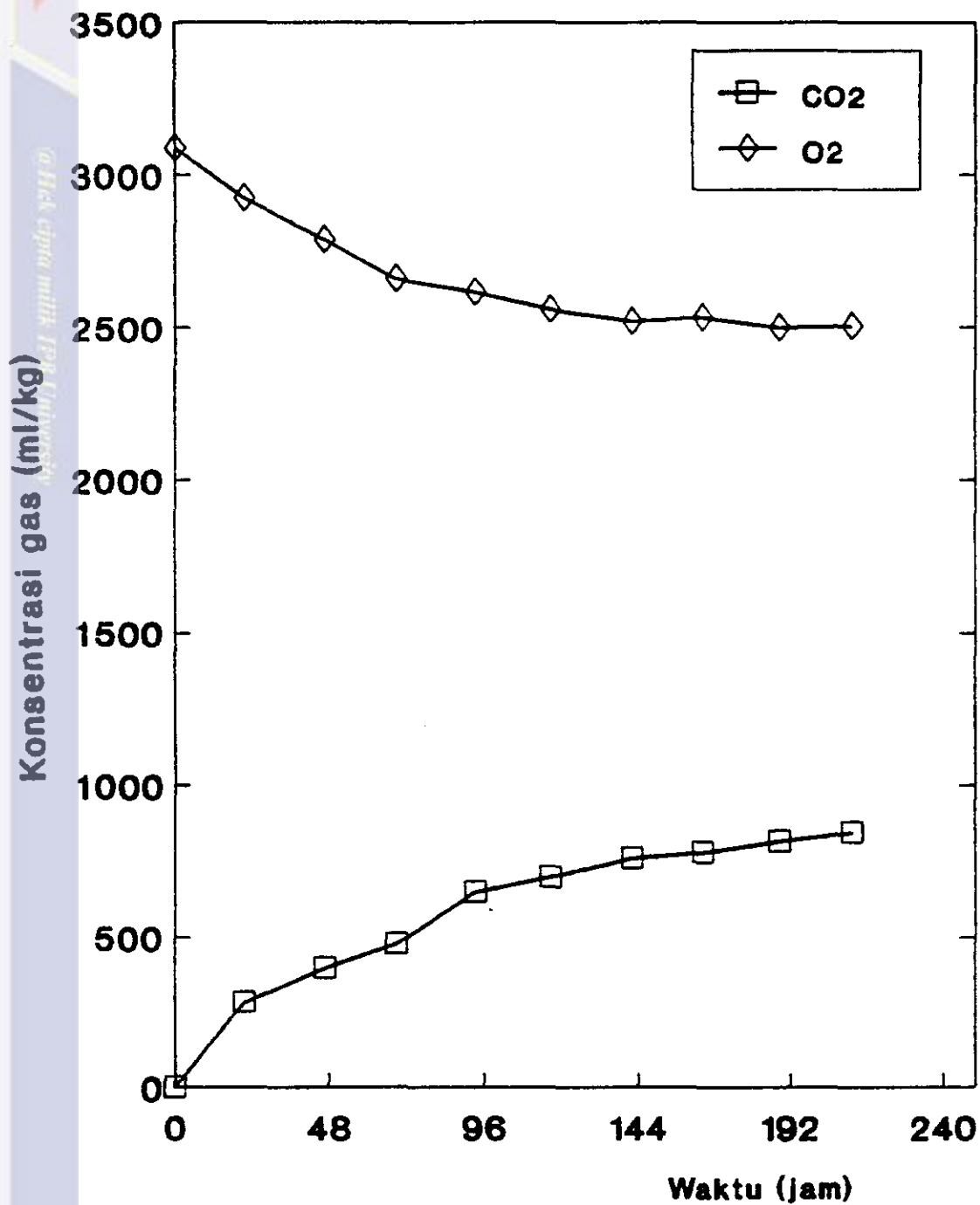
$\alpha_i$  : pengaruh pendapat panelis ke- $i$

$\beta_j$  : pengaruh perlakuan taraf ke- $j$

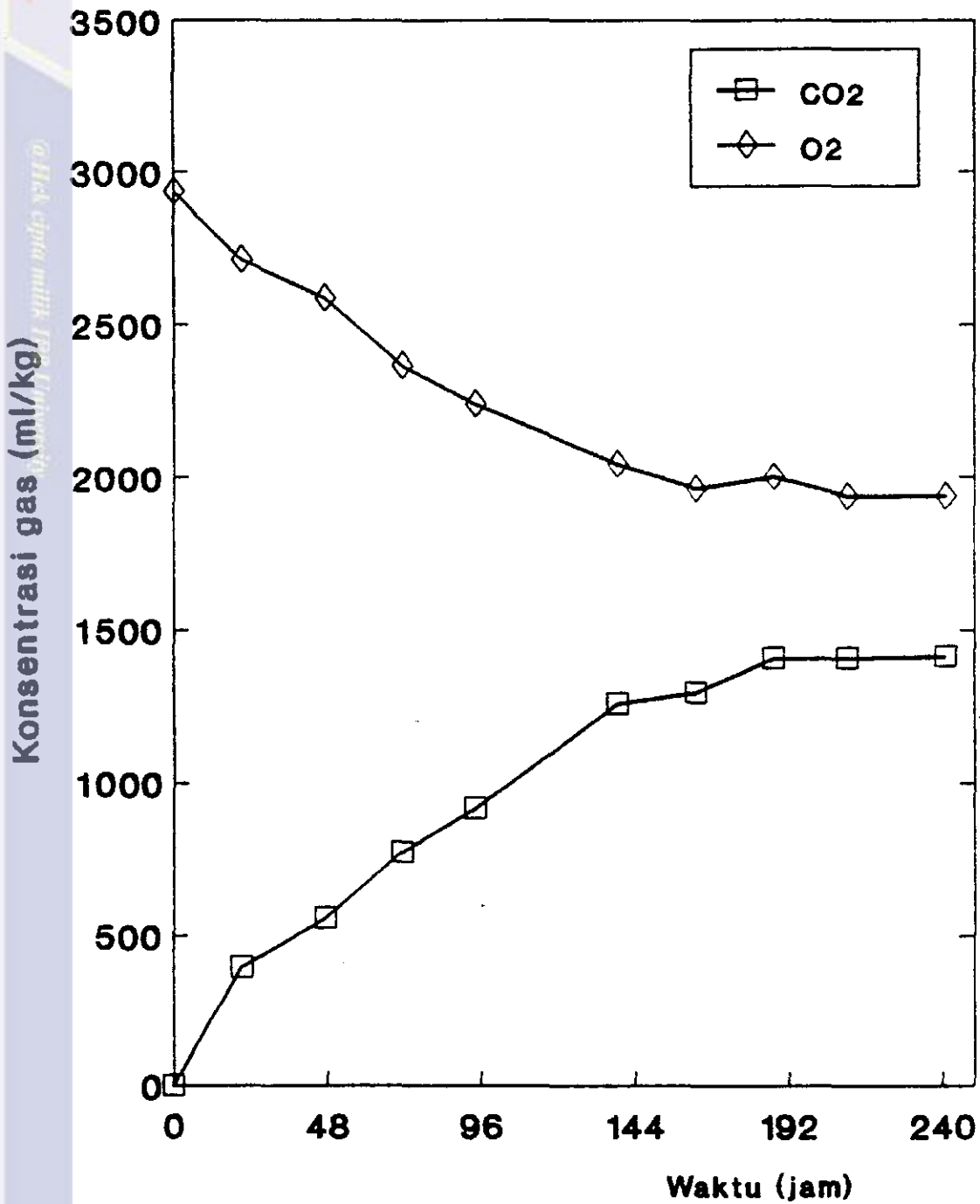
$\epsilon_{ij}$  : pengaruh sisa pendapat panelis ke- $i$  pada perlakuan taraf ke- $j$

Pemilihan film kemasan untuk lobak putih dan lobak merah dilakukan dengan Rancangan Acak Lengkap dengan perlakuan tiga jenis kemasan.

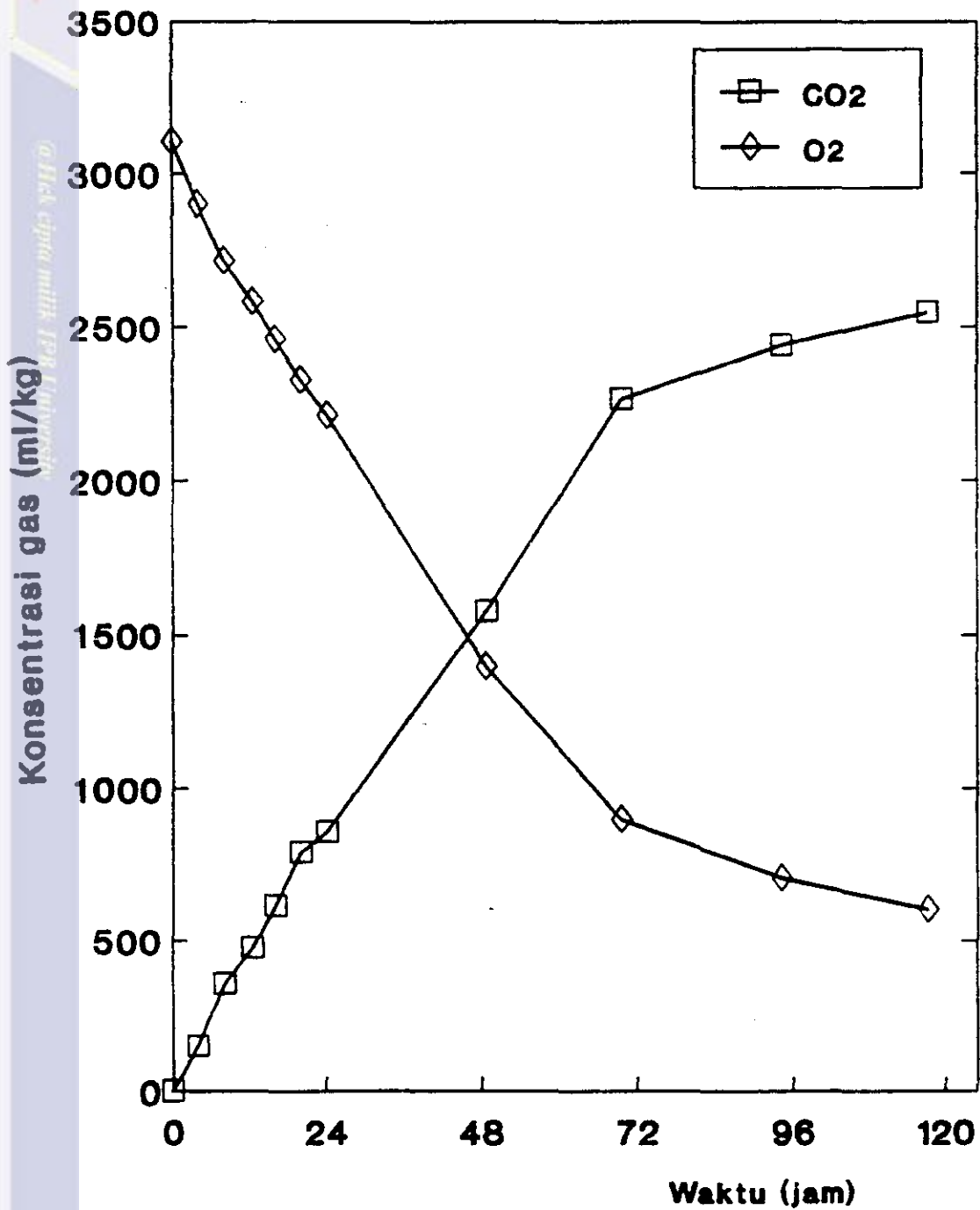




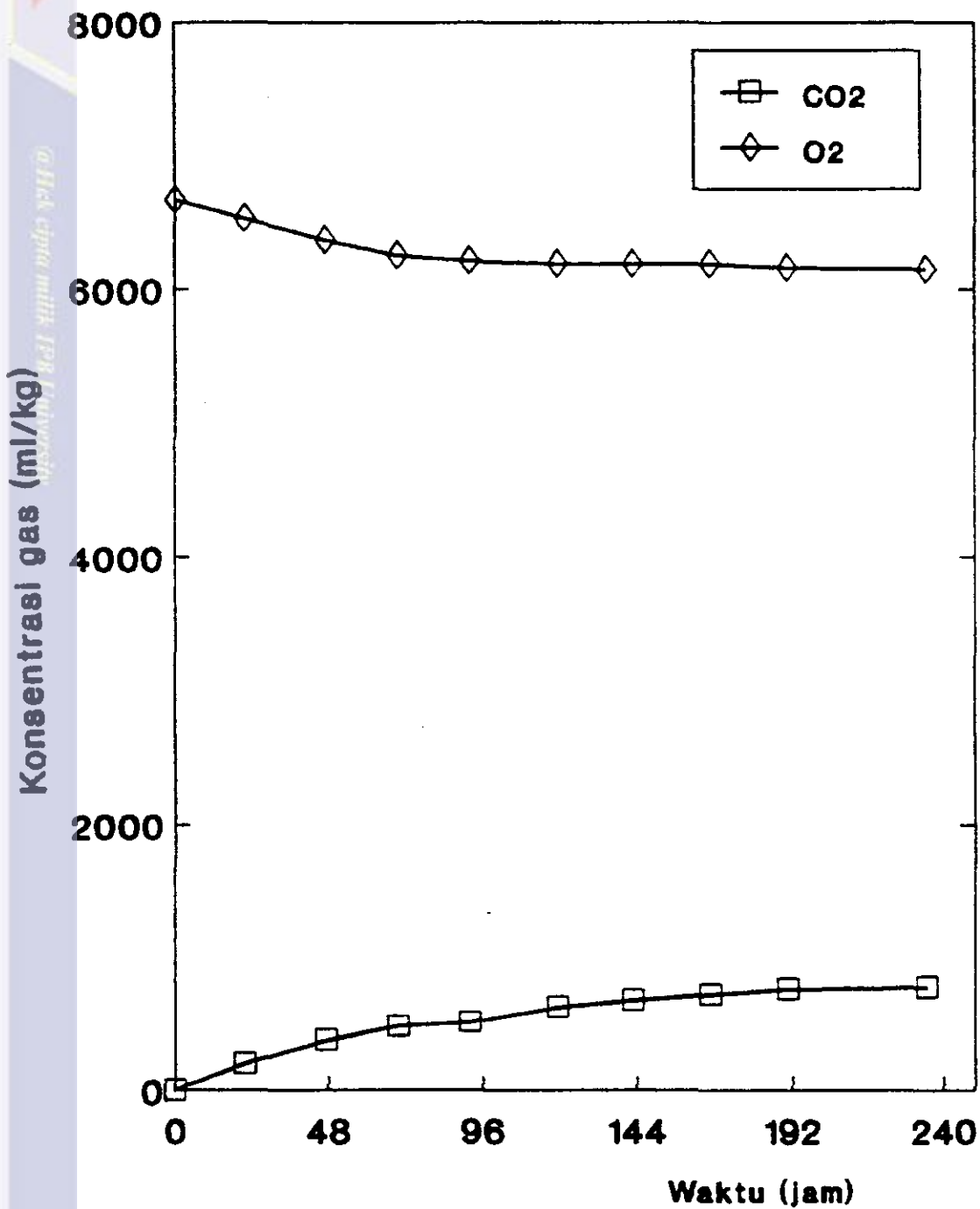
Gambar 19. Perubahan Konsentrasi CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> dalam Stoples karena Kegiatan Respirasi Lobak Putih pada Suhu 5°C.



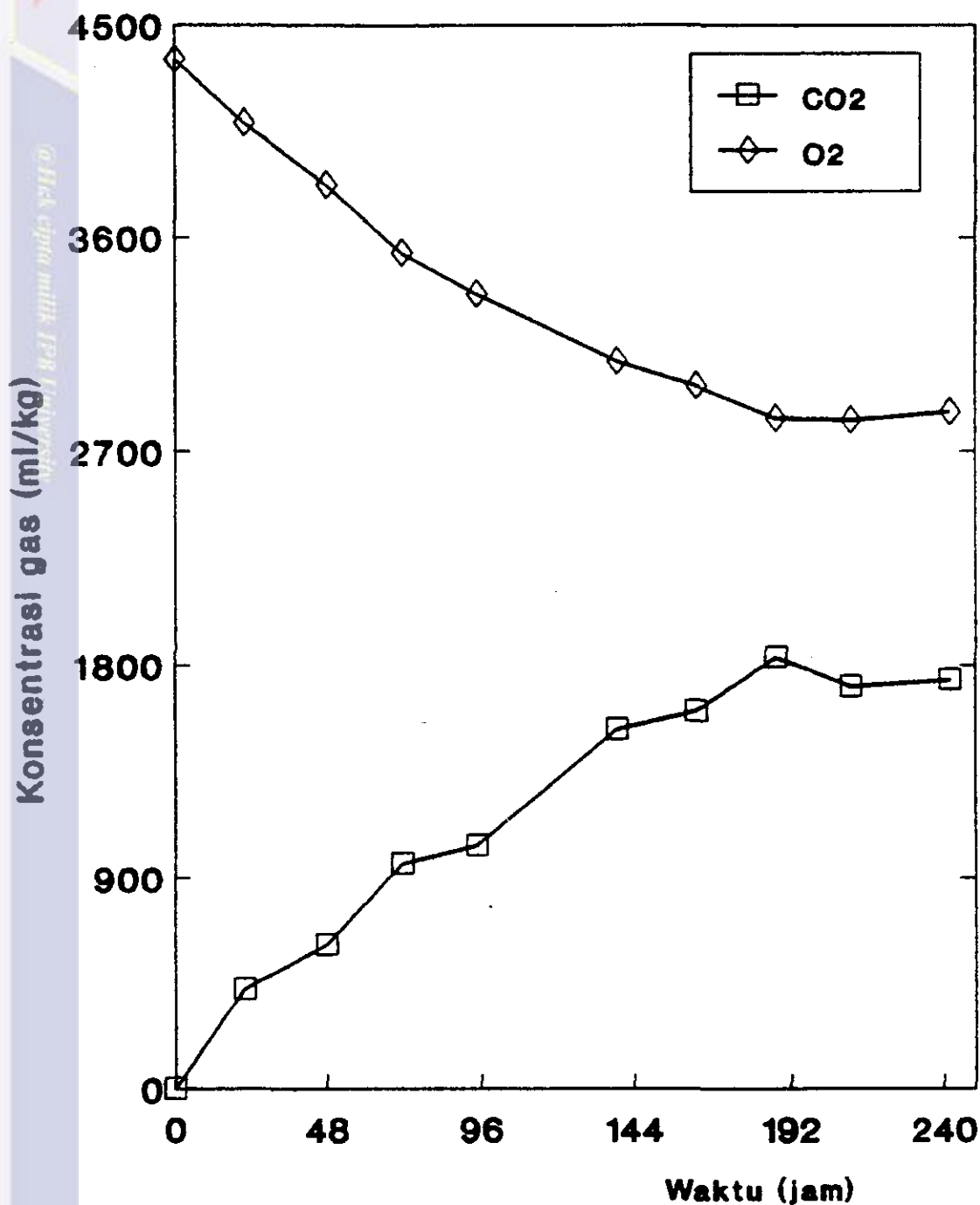
Gambar 20. Perubahan Konsentrasi CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> dalam Stoples karena Kegiatan Respirasi Lobak Putih pada Suhu 10°C.



Gambar 21. Perubahan Konsentrasi CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> dalam Stoples karena Kegiatan Respirasi Lobak Putih pada Suhu Ruang ( $27.5 \pm 1$ )°C.

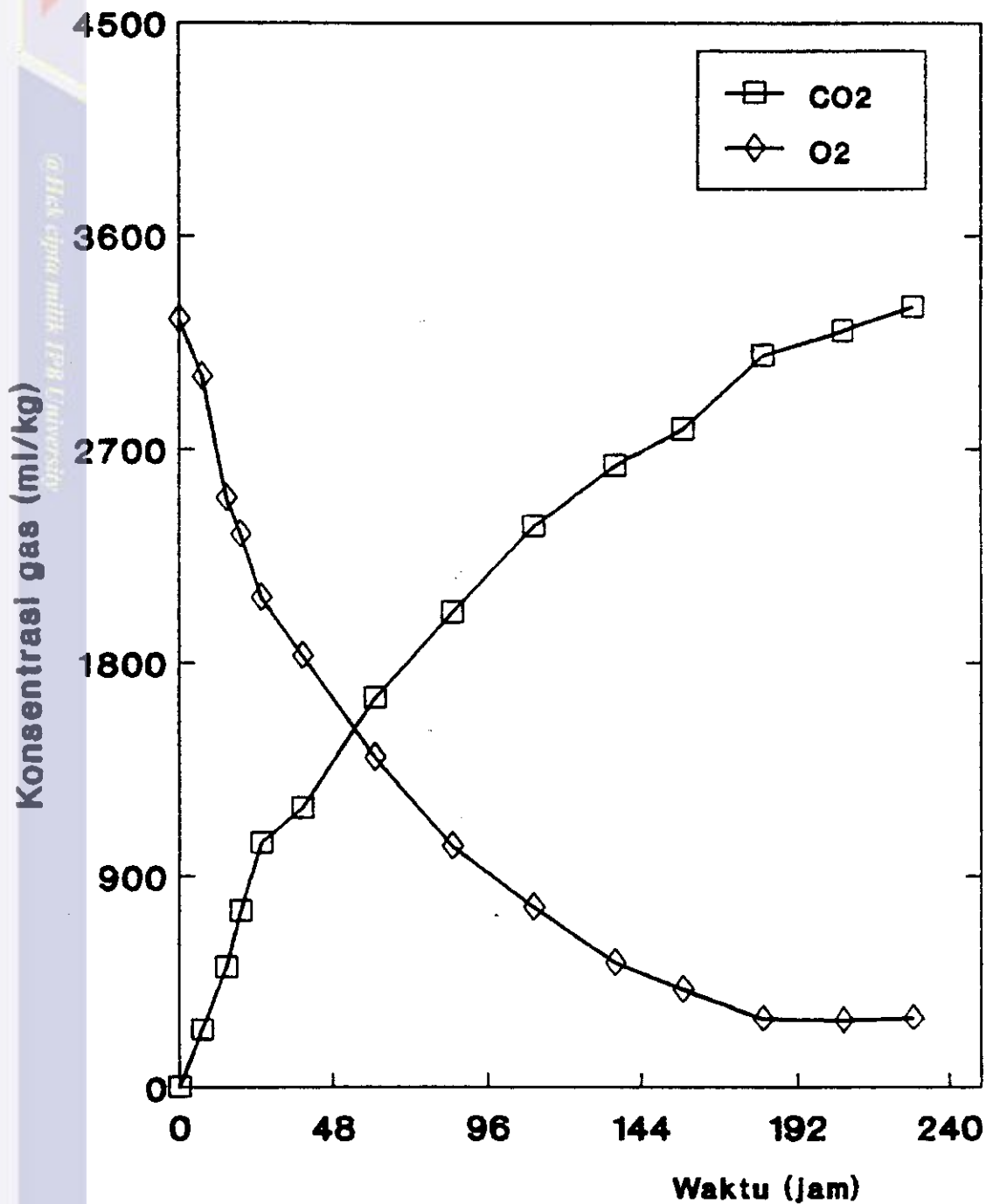


Gambar 22. Perubahan Konsentrasi CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> dalam Stoples karena Kegiatan Respirasi Lobak Merah pada Suhu 5°C.



Gambar 23. Perubahan Konsentrasi CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> dalam Stoples karena Kegiatan Respirasi Lobak Merah pada Suhu 10°C.





Gambar 24. Perubahan Konsentrasi CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> dalam Stoples karena Kegiatan Respirasi Lobak Merah pada Suhu Ruang (27.5±1)°C.

Perubahan konsentrasi gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{O}_2$  merupakan fungsi linier terhadap waktu sampai waktu tertentu, kemudian berubah menjadi fungsi eksponensial (Hayakawa et al., 1975, Deily dan Rivzi, 1981, Purwadaria et al., 1990). Laju respirasi dianalisa pada daerah linier tersebut.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa dengan meningkatnya suhu penyimpanan maka laju produksi  $\text{CO}_2$  dan laju konsumsi  $\text{O}_2$  makin meningkat, baik pada lobak putih maupun lobak merah (Tabel 3 dan Tabel 4). Dari analisis keragaman juga ditunjukkan bahwa suhu penyimpanan berpengaruh sangat nyata ( $P < 0.01$ ) terhadap laju respirasi lobak putih dan lobak merah (Lampiran 4 dan 9).

Uji Beda Nyata Terkecil dalam Lampiran 5 memperlihatkan bahwa laju produksi  $\text{CO}_2$  lobak putih antar perlakuan suhu berbeda nyata, tetapi laju konsumsi  $\text{O}_2$  dengan perlakuan suhu  $5^\circ$  dan  $10^\circ\text{C}$  tidak berbeda nyata. Oleh karena itu suhu penyimpanan lobak putih pada tahap berikutnya adalah  $5^\circ$  dan  $10^\circ\text{C}$ .

Untuk lobak merah, Uji Beda Nyata Terkecil (Lampiran 10) menunjukkan laju respirasi dengan perlakuan suhu  $5^\circ$  dan  $10^\circ\text{C}$  tidak berbeda nyata, sedangkan laju respirasi pada suhu ruang ( $27.5 \pm 1$ ) $^\circ\text{C}$  berbeda nyata dibanding dengan suhu  $5^\circ$  dan  $10^\circ\text{C}$ . Suhu penyimpanan yang dilakukan pada tahap berikutnya adalah  $5^\circ$  dan  $10^\circ\text{C}$ .

Tabel 3. Laju respirasi lobak putih

Suhu (°C)	Laju Respirasi		RQ
	Produksi CO <sub>2</sub> (ml/kg-jam)	Konsumsi O <sub>2</sub> (ml/kg-jam)	
5	6.34	5.13	1.23
10	8.55	6.44	1.32
27.5	31.79	31.44	1.01

Tabel 4. Laju respirasi lobak merah

Suhu (°C)	Laju Respirasi		RQ
	Produksi CO <sub>2</sub> (ml/kg-jam)	Konsumsi O <sub>2</sub> (ml/kg-jam)	
5	7.02	5.98	1.17
10	9.27	7.99	1.16
27.5	32.81	38.81	0.85

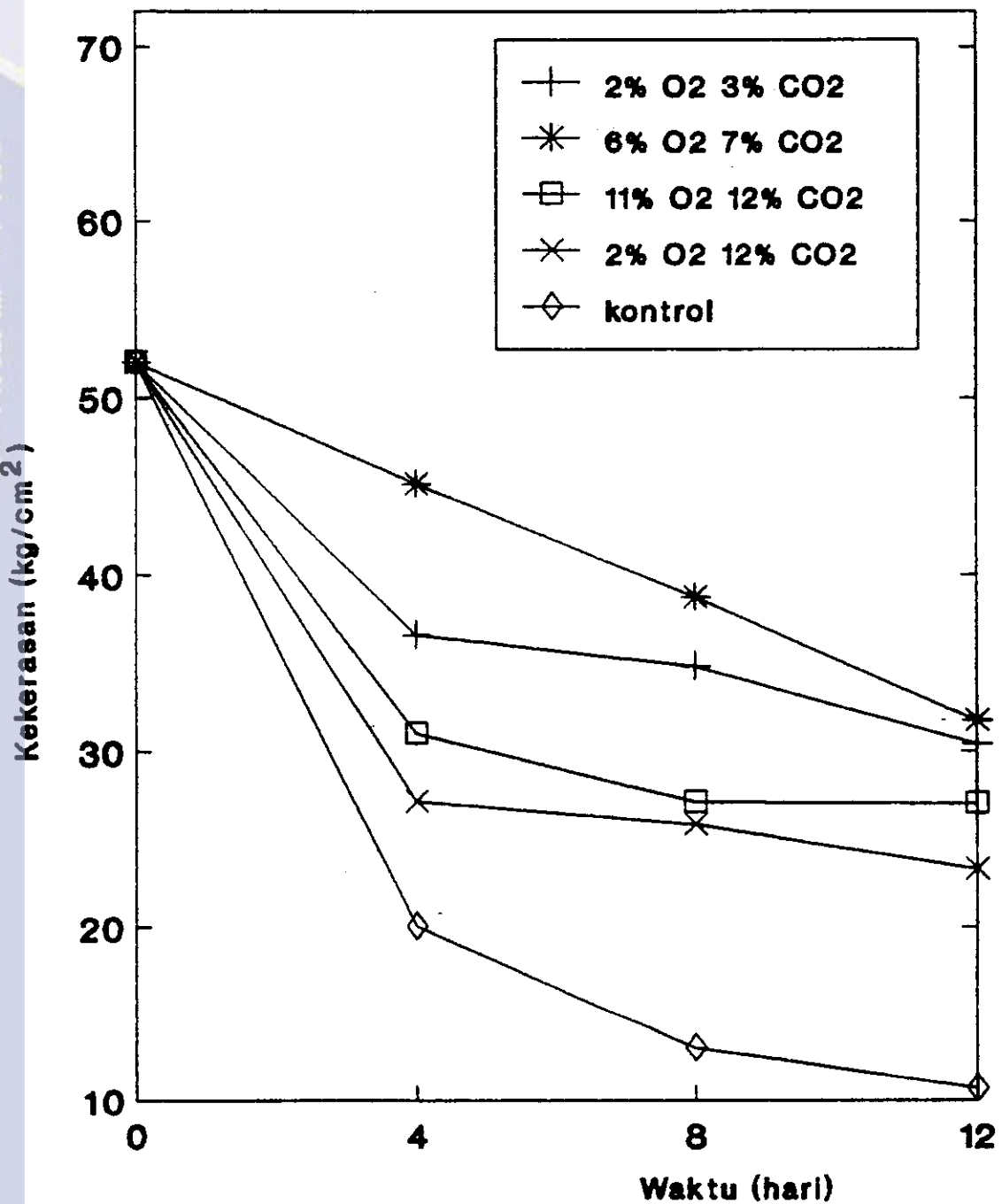
Dengan pengukuran laju produksi CO<sub>2</sub> dan laju konsumsi O<sub>2</sub> dimungkinkan mengevaluasi sifat proses respirasi. Perbandingan laju produksi CO<sub>2</sub> terhadap laju konsumsi O<sub>2</sub> dinamakan kuosien respirasi (RQ). RQ berguna untuk mendeduksi sifat substrat yang digunakan dalam respirasi, sejauh mana reaksi respirasi telah berlangsung, dan sejauh mana proses itu bersifat aerobik atau anaerobik.

Kuosien respirasi (RQ) lobak putih pada suhu 5°, 10° dan 27.5°C lebih besar dari satu, hal ini menunjukkan bahwa yang digunakan dalam respirasi itu suatu substrat yang mengandung O<sub>2</sub>, yaitu asam-asam organik. Kuosien respirasi lobak merah pada suhu 5° dan 10°C juga lebih besar dari satu, sedangkan pada suhu 27.5° C lebih kecil dari satu. Bila RQ kurang dari satu, maka ada beberapa kemungkinan, (a) substratnya mempunyai perbandingan O<sub>2</sub> terhadap karbon yang lebih kecil daripada heksosa, (b) oksidasi belum tuntas, (c) CO<sub>2</sub> yang dikeluarkan digunakan dalam proses-proses sintesa (*Phan et al., 1986*)

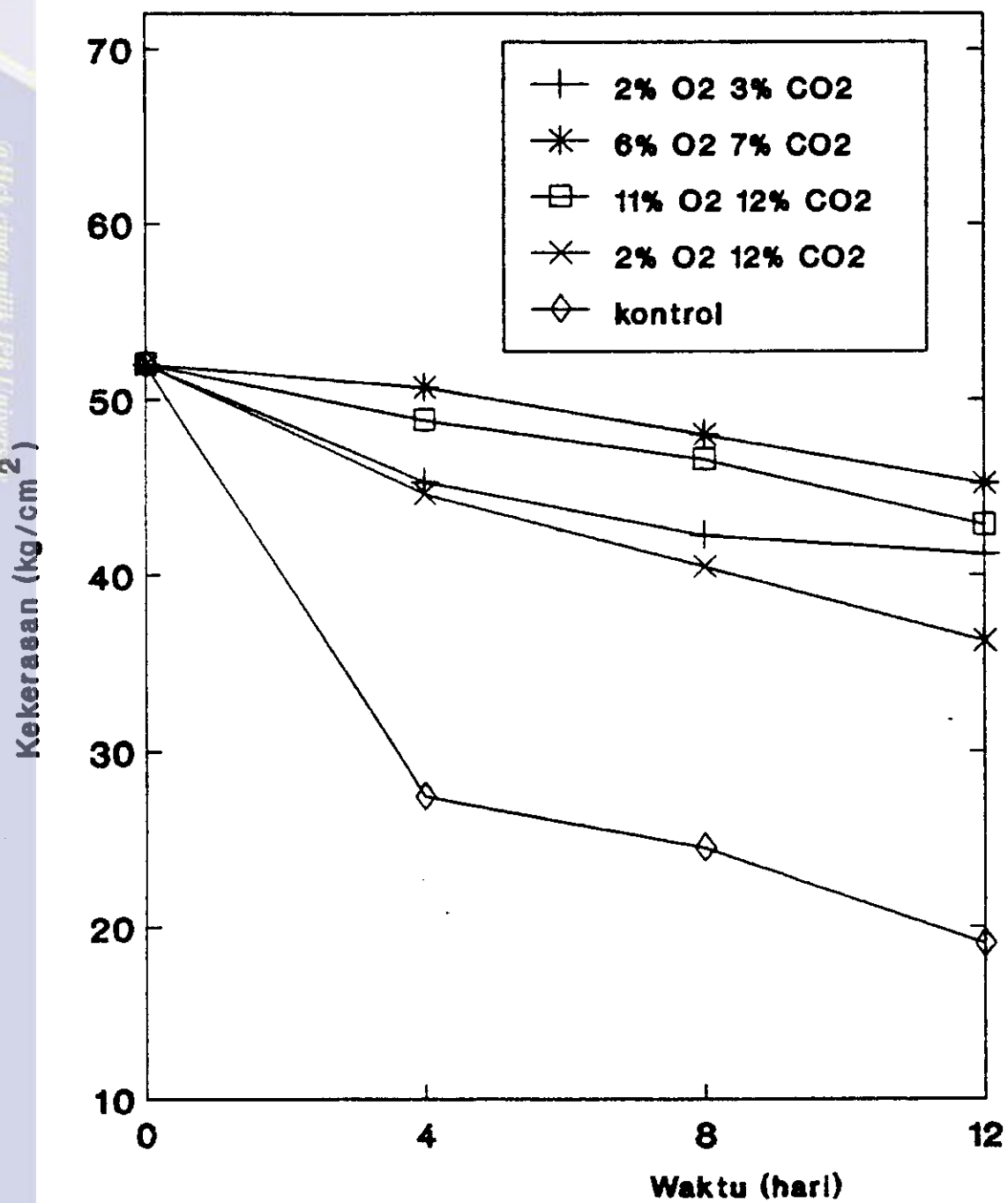
## **Tahap 2 : Penentuan Daerah Udara Termodifikasi Untuk Penyimpanan Lobak Putih dan Lobak Merah**

Daerah udara termodifikasi yang disarankan untuk penyimpanan lobak putih dan lobak merah adalah lingkungan dimana perpaduan gas CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> yang mampu mempertahankan dan memberikan mutu terbaik pada produk selama disimpan. Parameter mutu yang menjadi acuan pada penelitian ini adalah kekerasan dan warna kulit luar lobak (yang selanjutnya disebut warna), baik yang diukur dengan alat maupun yang dinilai oleh konsumen (organoleptik).

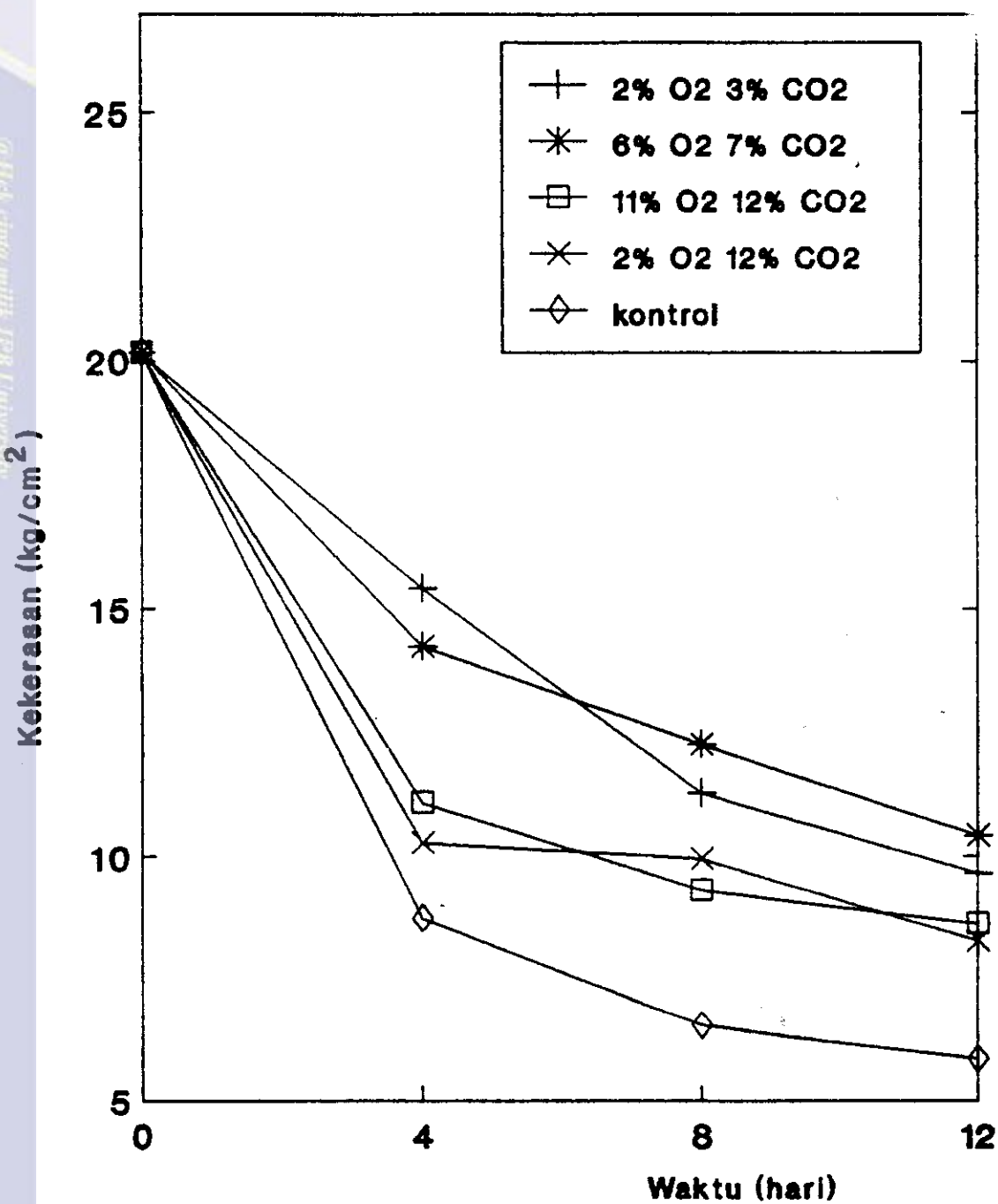
Nilai kekerasan dan warna lobak putih yang diukur dengan alat seperti terlihat pada Lampiran 12, sedang untuk lobak merah seperti terlihat pada Lampiran 13.



Gambar 25. Perubahan Kekerasan Lobak Putih selama Penyimpanan pada Suhu 5°C.

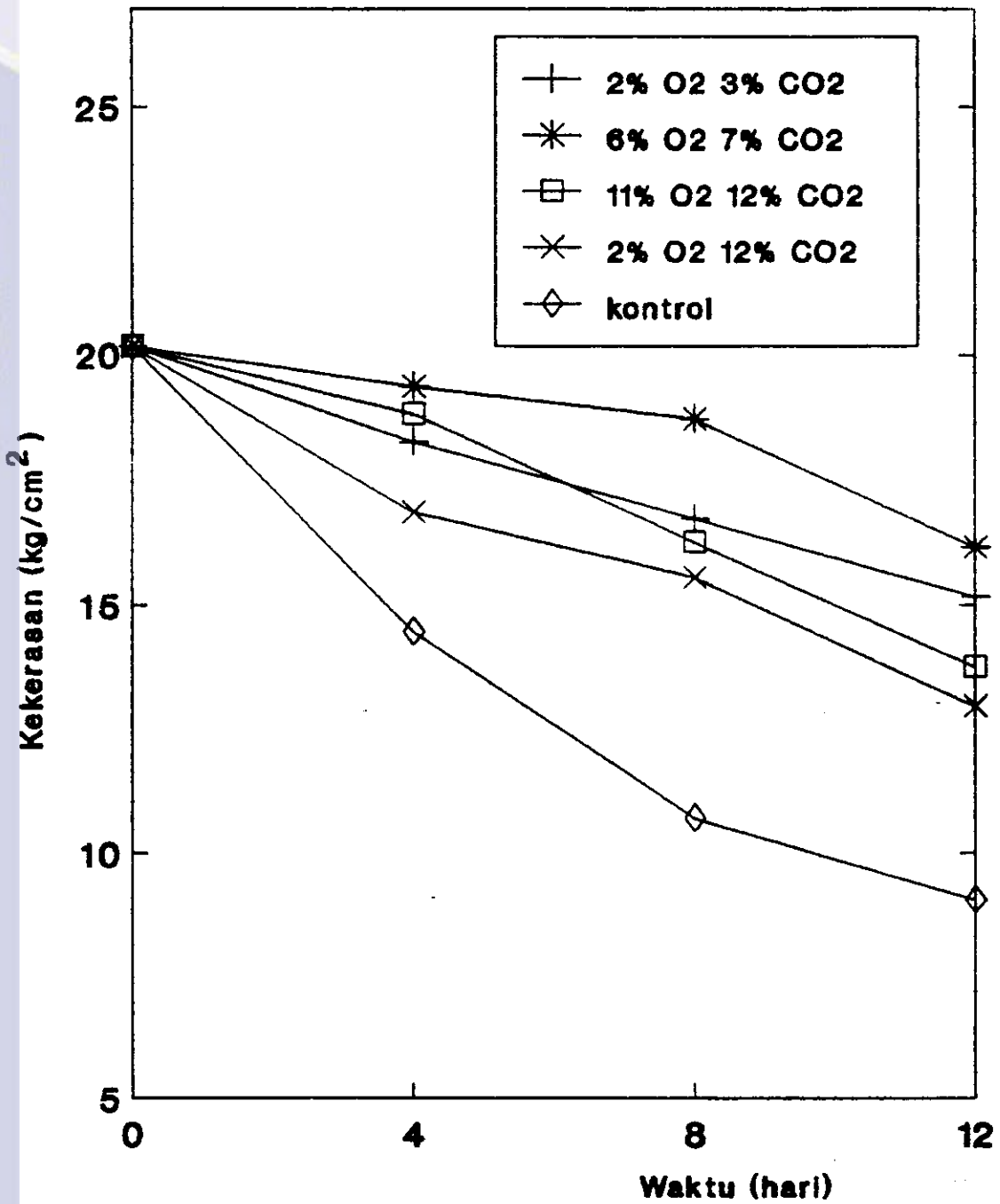


Gambar 26. Perubahan Kekerasan Lobak Putih selama Penyimpanan pada Suhu 10°C.

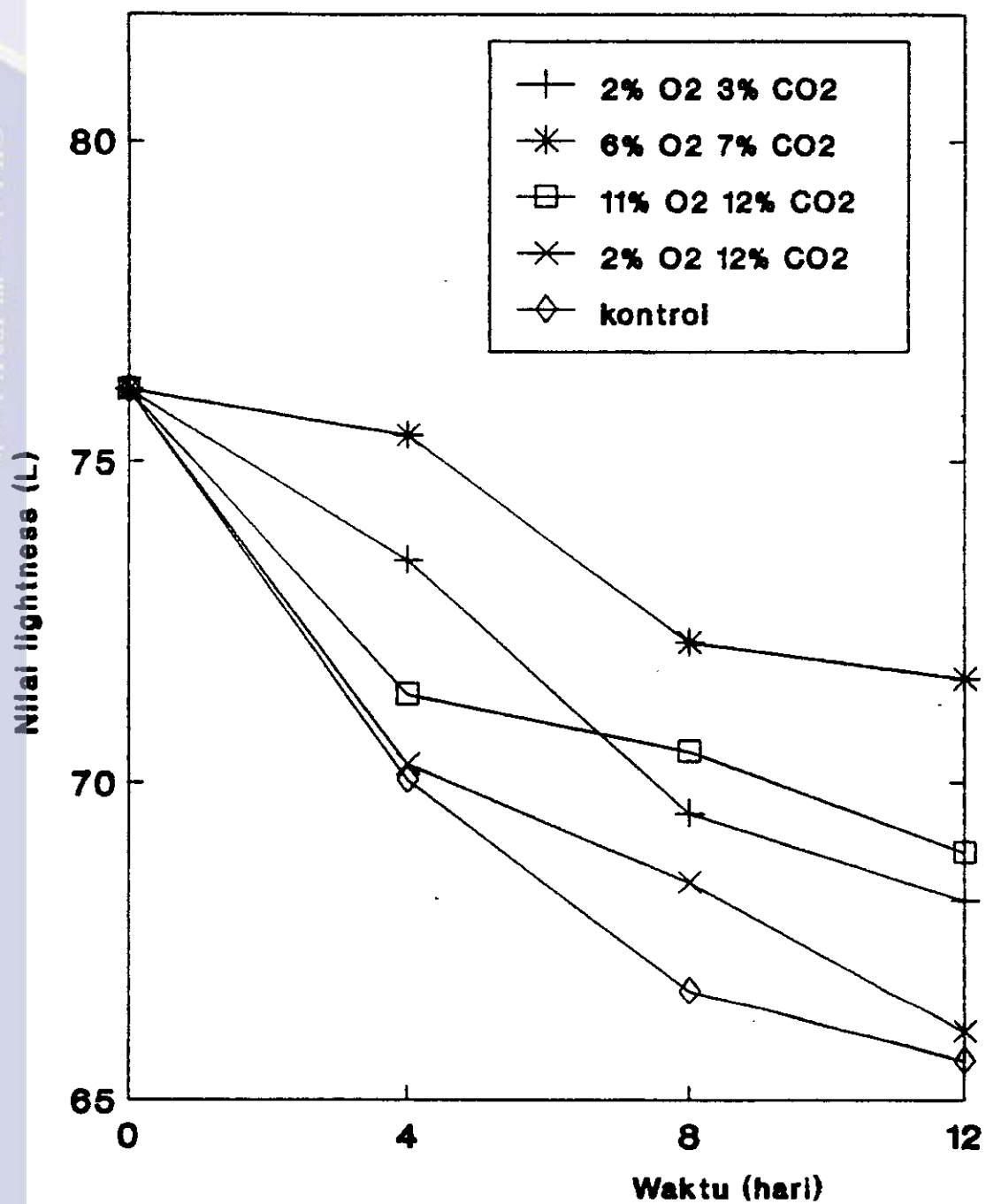


Gambar 27. Perubahan Kekerasan Lobak Merah selama Penyimpanan pada Suhu 5°C.

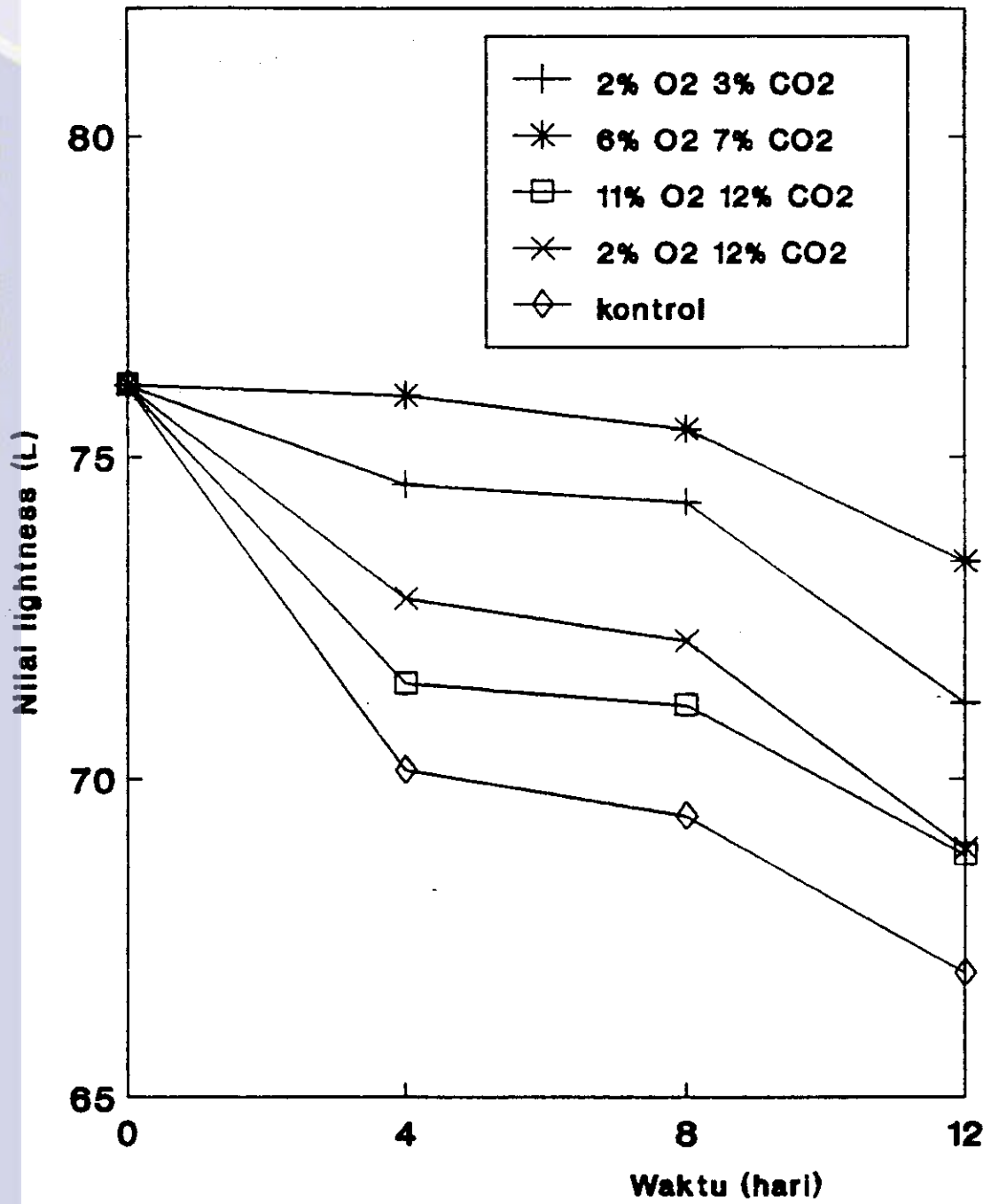




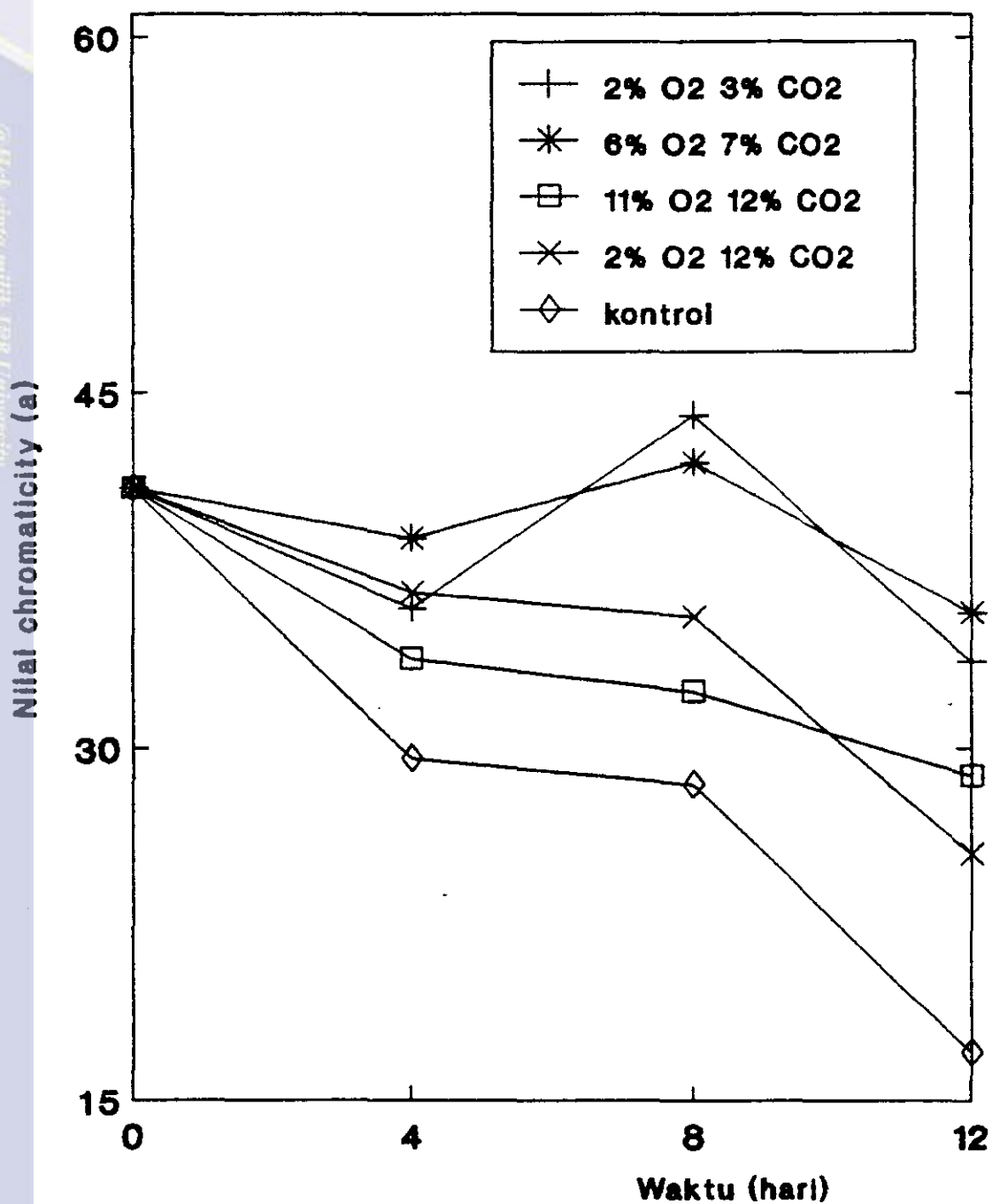
Gambar 28. Perubahan Kekerasan Lobak Merah selama Penyimpanan pada Suhu 10°C.



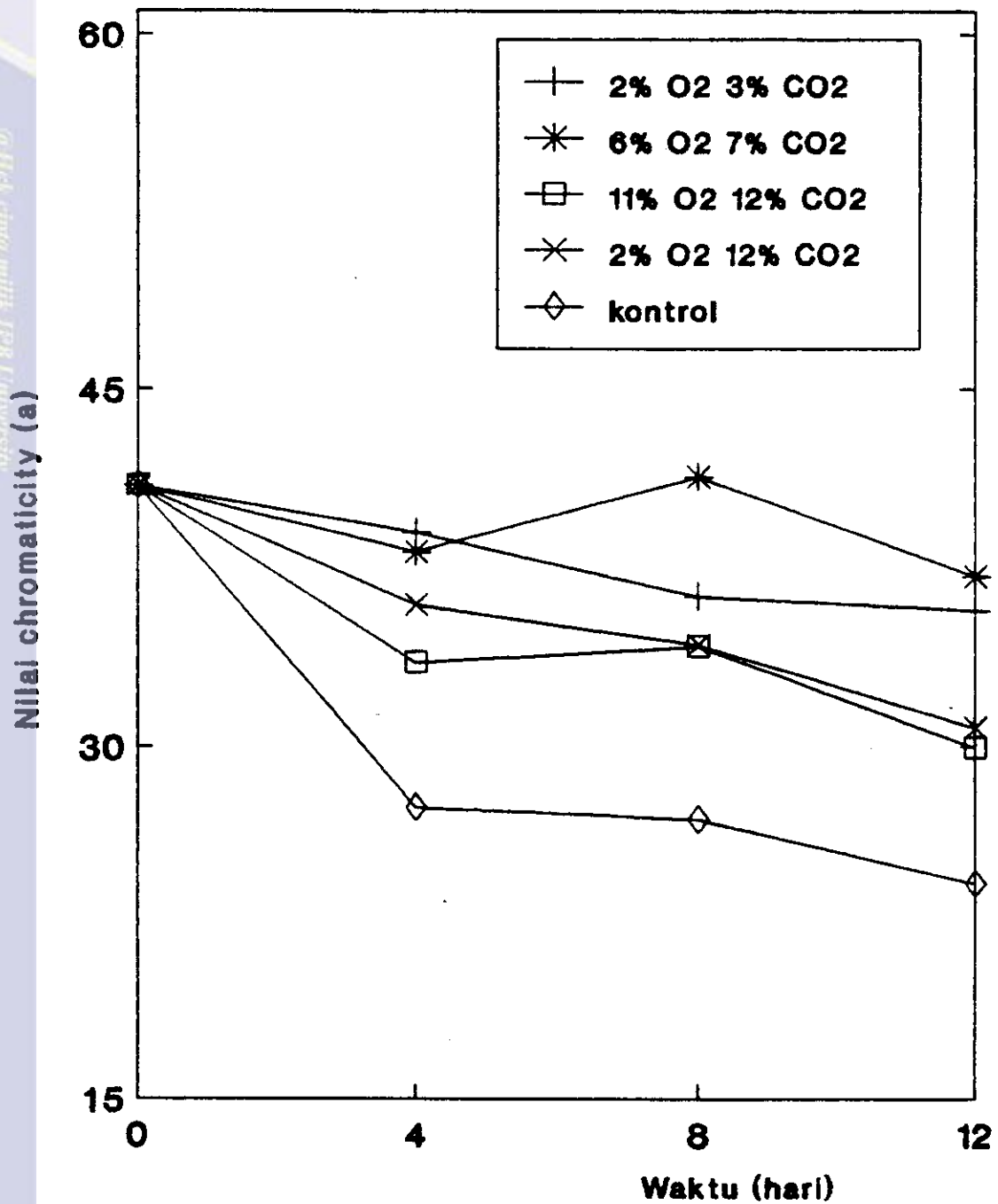
Gambar 29. Perubahan Warna Lobak Putih selama Penyimpanan pada Suhu 5°C.



Gambar 30. Perubahan Warna Lobak Putih selama Penyimpanan pada Suhu 10°C.



Gambar 31. Perubahan Warna Lobak Merah selama Penyimpanan pada Suhu 5°C.



Gambar 32. Perubahan Warna Lobak Merah selama Penyimpanan pada Suhu 10°C.

Analisis ragam terhadap kekerasan dan warna lobak putih dapat dilihat pada Lampiran 14 dan 16. Hasil analisis ragam ini menunjukkan bahwa kombinasi gas, lama dan suhu penyimpanan berpengaruh sangat nyata, baik terhadap kekerasan maupun warna lobak putih. Selain itu interaksi antara lama dan suhu penyimpanan berpengaruh nyata, sedangkan interaksi antara kombinasi gas dan lama penyimpanan tidak berpengaruh nyata terhadap kekerasan lobak putih. Terhadap warna lobak putih, interaksi antara lama dan suhu penyimpanan, dan interaksi kombinasi gas dan suhu penyimpanan berpengaruh nyata.

Uji Beda Nyata Terkecil terhadap perubahan kekerasan dan warna lobak putih diperlihatkan pada Lampiran 15 dan Lampiran 17.

Perlakuan kombinasi gas  $(6\pm 1)\% O_2$  dan  $(7\pm 1)\% CO_2$  baik untuk kekerasan maupun warna lobak putih memberikan hasil yang terbaik setelah penyimpanan 12 hari dibandingkan dengan perlakuan kombinasi gas lainnya dan kontrol. Penurunan kekerasan lobak putih yang mendapat perlakuan kombinasi gas  $(6\pm 1)\% O_2$  dan  $(7\pm 1)\% CO_2$  dari keadaan awal  $52.02 \text{ kg/cm}^2$  menjadi  $45.45 \text{ kg/cm}^2$ , dan penurunan nilai  $L^*$  dari keadaan awal 76.13 menjadi 74.54. Daerah udara termodifikasi yang disarankan untuk penyimpanan lobak putih adalah perpaduan gas  $(6\pm 1)\% O_2$  dan  $(7\pm 1)\% CO_2$ .

Dari Lampiran 15a diketahui rata-rata nilai kekerasan lobak putih pada suhu  $10^\circ\text{C}$  ( $= 43.16 \text{ kg/cm}^2$ ) lebih

besar dibanding pada suhu 5°C (= 34.14 kg/cm<sup>2</sup>). Begitu pula dari Lampiran 17a diketahui rata-rata nilai  $L^*$  pada suhu 10°C (= 72.87) lebih besar dibanding pada suhu 5°C (= 71.46). Jadi suhu penyimpanan lobak putih yang terpilih adalah 10° C.

Dari hasil uji organoleptik yang dilakukan terhadap kekerasan dan warna lobak putih dapat diketahui bahwa panelis menolak produk (dengan rata-rata skor > 4.5) bila memiliki kekerasan lebih kecil dari 31.01 kg/cm<sup>2</sup> dan nilai  $L^*$  lebih kecil dari 70.05.

Analisis ragam dari hasil uji organoleptik terhadap kekerasan dan warna lobak putih selama penyimpanan 4,8 dan 12 hari disajikan pada Lampiran 18 sampai dengan Lampiran 23. Ternyata perlakuan kombinasi gas berpengaruh sangat nyata terhadap penilaian panelis.

Penilaian panelis juga mendukung hasil pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan alat. Perlakuan kombinasi gas (6±1)% O<sub>2</sub> dan (7±1)% CO<sub>2</sub> pada suhu penyimpanan 10°C, lama penyimpanan 12 hari, memberikan skor tertinggi untuk penilaian kekerasan (= 3.6), dan untuk penilaian warna (= 3.55).

Seperti pada lobak putih, kombinasi gas, lama penyimpanan dan suhu penyimpanan berpengaruh sangat nyata terhadap kekerasan lobak merah. Interaksi antara lama dan suhu penyimpanan juga berpengaruh sangat nyata terhadap kekerasan lobak merah, sedang interaksi antara kom-



Perlakuan kombinasi gas (6±1)% O<sub>2</sub> dan (7±1)% CO<sub>2</sub> dapat mempertahankan kekerasan lobak merah dibanding perpaduan gas lain dan kontrol. Kekerasan lobak merah mengalami penurunan sebesar 3.74 kg/cm<sup>2</sup>, dari keadaan awal 20.18 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 16.44 kg/cm<sup>2</sup>. Sedang lobak merah yang mengalami perlakuan kombinasi gas (6±1)% O<sub>2</sub> dan (7±1)% CO<sub>2</sub> tidak berbeda nyata warnanya dengan yang mengalami perlakuan kombinasi gas (2±1)% O<sub>2</sub> dan (3±1)% CO<sub>2</sub>, tetapi penurunan nilai a\* pada perlakuan (6±1)% O<sub>2</sub> dan (7±1)% CO<sub>2</sub> (= 1.56) lebih kecil dibanding dengan perlakuan (2±1)% O<sub>2</sub> dan (3±1)% CO<sub>2</sub> (= 2.64).

Penilaian organoleptik terhadap kekerasan dan lobak merah menunjukkan perlakuan kombinasi gas berpengaruh sangat nyata (P<0.01). Analisis ragamnya seperti terlihat pada Lampiran 28 sampai dengan Lampiran 33.

Uji organoleptik yang dilakukan terhadap kekerasan dan warna lobak merah menunjukkan bahwa panelis menolak produk (dengan rata-rata skor > 4.5) bila memiliki kekerasan lebih kecil dari 10.28 kg/cm<sup>2</sup> dan nilai a\* lebih kecil dari 29.94.

Perlakuan kombinasi gas (6±1)% O<sub>2</sub> dan (7±1)% CO<sub>2</sub> pada suhu penyimpanan 10°C diberi skor tertinggi oleh panelis selama penyimpanan 12 hari. Pada penyimpanan hari ke-12, kekerasan dan warna lobak merah pada perlakuan tadi diberi skor 3.10 (Lampiran 10b dan Lampiran 33b). Hal ini berarti penyimpanan lobak merah pada

keadaan udara  $(6\pm 1)\% \text{ O}_2$  dan  $(7\pm 1)\% \text{ CO}_2$  dengan suhu penyimpanan  $10^\circ\text{C}$  dapat mempertahankan kekerasan dan warna lebih baik dibanding komposisi udara lainnya.

Berdasarkan hal-hal tersebut diatas maka daerah udara termodifikasi yang disarankan untuk penyimpanan lobak merah adalah  $(6\pm 1)\% \text{ O}_2$  dan  $(7\pm 1)\% \text{ CO}_2$  dengan suhu penyimpanan  $10^\circ\text{C}$ .

### **Tahap 3 : Pemilihan Jenis Film Kemasan dan Pendugaan Konsentrasi Gas dalam Model Kemasan**

Pemilihan jenis film kemasan ditentukan berdasarkan daerah udara termodifikasi yang disarankan untuk penyimpanan lobak. Untuk lobak putih, daerah udara termodifikasi yang disarankan adalah perpaduan komposisi udara  $(6\pm 1)\% \text{ O}_2$  dan  $(7\pm 1)\% \text{ CO}_2$ . Juga untuk lobak merah, daerah udara termodifikasi yang disarankan adalah  $(6\pm 1)\% \text{ O}_2$  dan  $(7\pm 1)\% \text{ CO}_2$ .

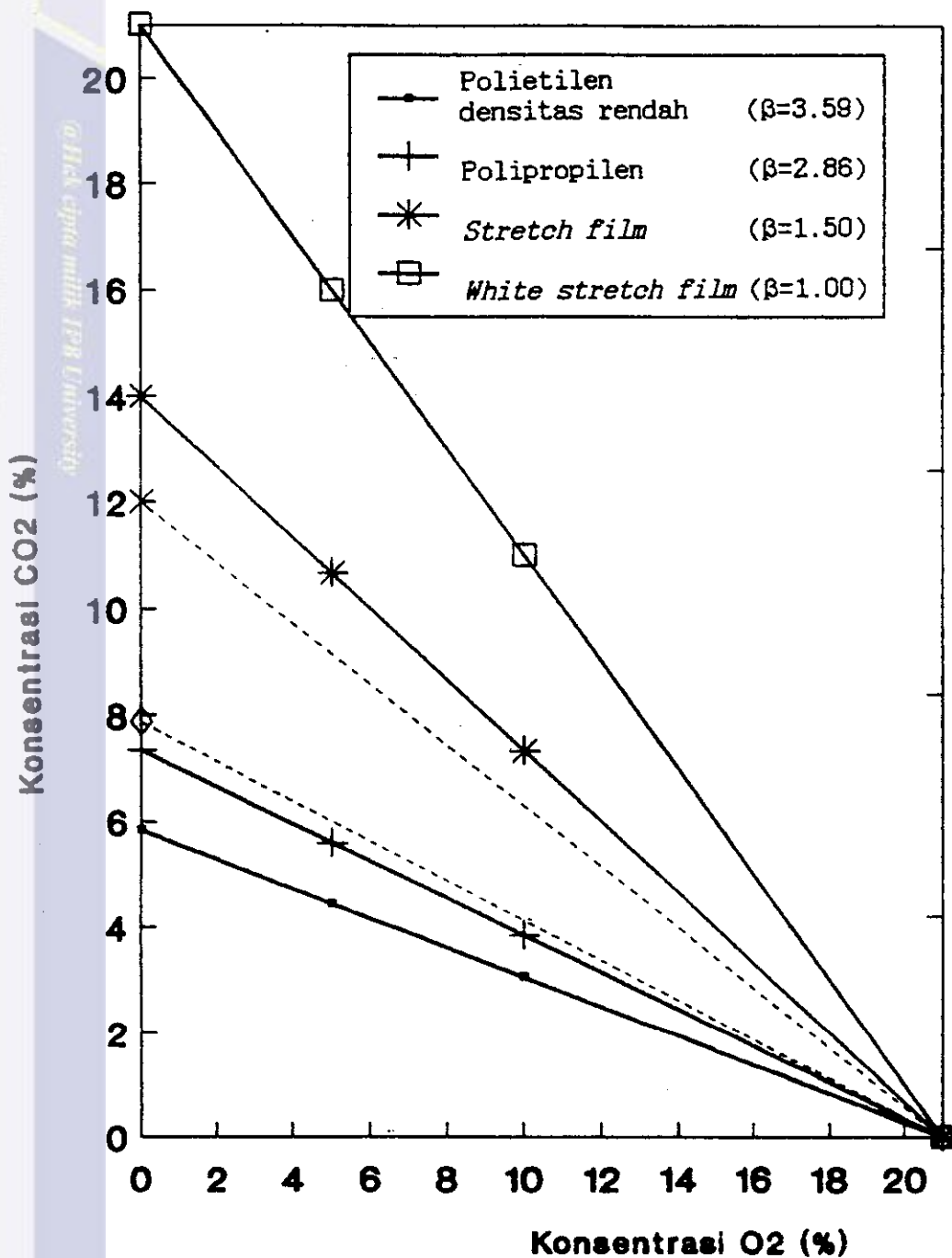
Nilai  $\beta$  (perbandingan koefisien permeabilitas terhadap gas  $\text{CO}_2$  dengan koefisien permeabilitas terhadap gas  $\text{O}_2$ ) dari beberapa jenis film kemasan yang telah diuji dengan menggunakan sel permeabilitas (Gunadnya, 1993) adalah 0.38 untuk PVC, 0.43 untuk OPP, 3.59 untuk PE densitas rendah, 2.86 untuk PP, 1.50 untuk *stretch film* dan 1.00 untuk *white stretch film* ( Tabel 5 ).

Tabel 5. Permeabilitas dan nilai  $\beta$  dari film kemasan

Jenis film kemasan	Tebal (mil)	Permeabilitas (ml-mil/m <sup>2</sup> -jan)		$\beta$
		CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	
PVC	0.95	389	1033	0.38
OPP	1.00	1282	3007	0.43
PE densitas rendah	0.99	3600	1002	3.59
PP	0.61	656	229	2.86
<i>Stretch film</i>	0.57	6226	4143	1.50
<i>White stretch film</i>	0.58	1470	1464	1.00

Sumber : pengukuran oleh Ida Bagus Putu Gunadnya pada suhu 25°C (Gunadnya, 1993)

Daerah udara termodifikasi (8±1)% O<sub>2</sub> dan (7±1)% CO<sub>2</sub>, berarti kisaran gas O<sub>2</sub> 5 sampai dengan 7% dan gas CO<sub>2</sub> 6 sampai dengan 8%. Titik-titik tersebut diplot pada grafik (Gambar 33), dengan sumbu x adalah konsentrasi O<sub>2</sub> dan sumbu y adalah konsentrasi CO<sub>2</sub>. Persamaan garis yang melewati titik (21,0) dan titik (5,6) adalah  $y = 7.875 - 0.375 x$ , dan yang melewati titik (21,0) dan (7,8) adalah  $y = 12 - 0.571 x$ . Dari Persamaan 13 diketahui nilai (1/β) merupakan gradien dari persamaan linier. Jadi kisaran nilai β yang diperlukan adalah 1.75 sampai 2.67.



Gambar 33. Kurva Beberapa Jenis Film Kemasan dan Daerah Udara Termodifikasi yang Disarankan untuk Penyimpanan Lobak Putih dan Lobak Merah.

Dipilih jenis film kemasan PE densitas rendah, PP dan *stretch film* untuk pengemasan lobak putih dan jenis film kemasan PE densitas rendah, PP dan *white stretch film* untuk pengemasan lobak merah.

Dengan mengetahui laju respirasi pada suhu 10°C dan permeabilitas film kemasan yang dipilih, dihitung jumlah produk yang dikemas dengan menggunakan Persamaan 3 dan 5. Hasil perhitungan jumlah produk yang dikemas untuk lobak putih seperti terlihat pada Tabel 6, dan untuk lobak merah pada Tabel 7.

Tabel 6. Berat lobak putih yang dapat dikemas pada luas kemasan 0.024 m<sup>2</sup>

Film kemasan	Tebal (mil)	Gas	Permeabilitas (ml-mil) (m <sup>2</sup> -jam)	Laju respirasi (ml/kg-jam)	UM (%)	Berat (kg)
Polietilen densitas rendah	1.00	O <sub>2</sub>	1002	6.44	5	0.60
					7	0.52
		CO <sub>2</sub>	3800	8.55	6	0.60
					8	0.81
Polipropilen	0.80	O <sub>2</sub>	229	6.44	5	0.17
					7	0.15
		CO <sub>2</sub>	656	8.55	6	0.14
					8	0.18
<i>Stretch film</i>	0.45	O <sub>2</sub>	4143	6.44	5	4.94
					7	4.32
		CO <sub>2</sub>	6226	8.55	6	2.09
					8	2.79

Tabel 7. Berat lobak merah yang dapat dikemas pada luas kemasan 0.024 m<sup>2</sup>

Film kemasan	Tebal (mil)	Gas	Permeabilitas (ml-mil) (m <sup>2</sup> -jam)	Laju respirasi (ml/kg-jam)	UM (%)	Berat (kg)
Polietilen densitas rendah	1.00	O <sub>2</sub>	1002	7.99	5	0.48
					7	0.42
		CO <sub>2</sub>	3600	9.27	8	0.55
					8	0.74
Polipropilen	0.80	O <sub>2</sub>	229	7.99	5	0.14
					7	0.12
		CO <sub>2</sub>	856	9.27	8	0.13
					8	0.17
White Stretch film	0.50	O <sub>2</sub>	1484	7.99	5	1.41
					7	1.23
		CO <sub>2</sub>	1470	9.27	6	0.45
					8	0.61

Lobak putih yang dikemas untuk film kemasan jenis PE densitas rendah 0.60 kg, PP 0.17 kg, dan *stretch film* 0.57 kg. Untuk lobak merah, jumlah produk yang dikemas untuk film kemasan jenis PE densitas rendah 0.5 kg, PP 0.15 kg dan *white stretch film* 0.60 kg.

Kondisi kemasan adalah sebagai berikut: luas permukaan kemasan rata-rata 0.024 m<sup>2</sup> dan volume 750 ml. Untuk mengetahui volume bebas kemasan perlu diketahui volume jenis produk, yaitu untuk lobak putih 1060.5 ml/kg dan lobak merah 1173.1 ml/kg.

Pengukuran konsentrasi gas di dalam kemasan dilakukan sampai mencapai konsentrasi kesetimbangan. Setelah dilakukan pengukuran, ternyata dengan jumlah produk yang dikemas belum tercapai daerah udara termodifikasi yang disarankan. Oleh karena itu dilakukan perhitungan nilai koefisien permeabilitas film kemasan dari hasil percobaan (Tomkins, 1962). Perhitungan koefisien permeabilitas film kemasan dapat dilihat pada Lampiran 34. Hasil perhitungan koefisien permeabilitas film kemasan berdasarkan hasil percobaan dapat dilihat pada Tabel 8,9,10 dan 11.

Tabel 8. Hasil perhitungan koefisien permeabilitas film jenis PE densitas rendah berdasarkan hasil percobaan

Komoditi	Berat (kg)	Gas	Laju respirasi (ml-kg/jam)	Konsentrasi kesetimbangan (%)	Permeabilitas (ml-mil/m <sup>2</sup> -jam)
Lobak putih	0.60	O <sub>2</sub>	6.44	1.7	834
		CO <sub>2</sub>	8.55	7.1	3023
Lobak merah	0.50	O <sub>2</sub>	7.99	1.0	832
		CO <sub>2</sub>	9.27	6.4	3032
Rata-rata		O <sub>2</sub>			833
		CO <sub>2</sub>			3028



Tabel 9. Hasil perhitungan koefisien permeabilitas film jenis PP berdasarkan hasil percobaan

Komoditi Berat (kg)	Gas	Laju respirasi (ml-kg/jam)	Konsentrasi kesetimbangan (%)	Permeabilitas (ml-mil/m <sup>2</sup> -jam)
Lobak putih	O <sub>2</sub>	6.44	16.3	776
	CO <sub>2</sub>	8.55	3.2	1528
Lobak merah	O <sub>2</sub>	7.99	15.7	754
	CO <sub>2</sub>	9.27	3.1	1510
Rata-rata	O <sub>2</sub>			765
	CO <sub>2</sub>			1519

Tabel 10. Hasil perhitungan koefisien permeabilitas film jenis *stretch film* berdasarkan hasil percobaan

Komoditi Berat (kg)	Gas	Laju respirasi (ml-kg/jam)	Konsentrasi kesetimbangan (%)	Permeabilitas (ml-mil/m <sup>2</sup> -jam)
Lobak putih	O <sub>2</sub>	6.44	9.0	574
	CO <sub>2</sub>	8.55	8.7	1054

Tabel 11. Hasil perhitungan koefisien permeabilitas film jenis *white stretch film* berdasarkan hasil percobaan

Komoditi	Berat (kg)	Gas	Laju respirasi (ml-kg/jam)	Konsentrasi kesetimbangan (%)	Permeabilitas (ml-mil/m <sup>2</sup> -jam)
Lobak merah	0.60	O <sub>2</sub>	7.99	0.8	494
		CO <sub>2</sub>	9.27	8.8	950

Pada suhu penyimpanan 10°C ternyata koefisien permeabilitas film kemasan, baik terhadap gas CO<sub>2</sub> maupun O<sub>2</sub>, mengalami perubahan. Dengan berubahnya koefisien permeabilitas film kemasan, maka nilai  $\beta$  juga berubah. Nilai  $\beta$  untuk PE densitas rendah berubah dari 3.59 menjadi 3.64, untuk PP berubah dari 2.86 menjadi 1.99, untuk *stretch film* berubah dari 1.50 menjadi 1.84, dan untuk *white stretch film* berubah dari 1.00 menjadi 1.92.

Nilai  $\beta$  untuk film kemasan jenis PE densitas rendah, *stretch film* dan *white stretch film* pada suhu 10°C mengalami kenaikan dibanding dengan nilai  $\beta$  pada suhu 25°C, sedang nilai  $\beta$  untuk film kemasan jenis PP mengalami penurunan dibanding pada suhu 25°C. Hal yang sama juga dilaporkan oleh *Mannapperuma et al. (1989)*, *Gunadnya (1993)*, *Varsanyi (1986)*.

Jumlah lobak putih dan lobak merah yang dikemas dengan berubahnya nilai  $\beta$  disajikan pada Tabel 12,13.

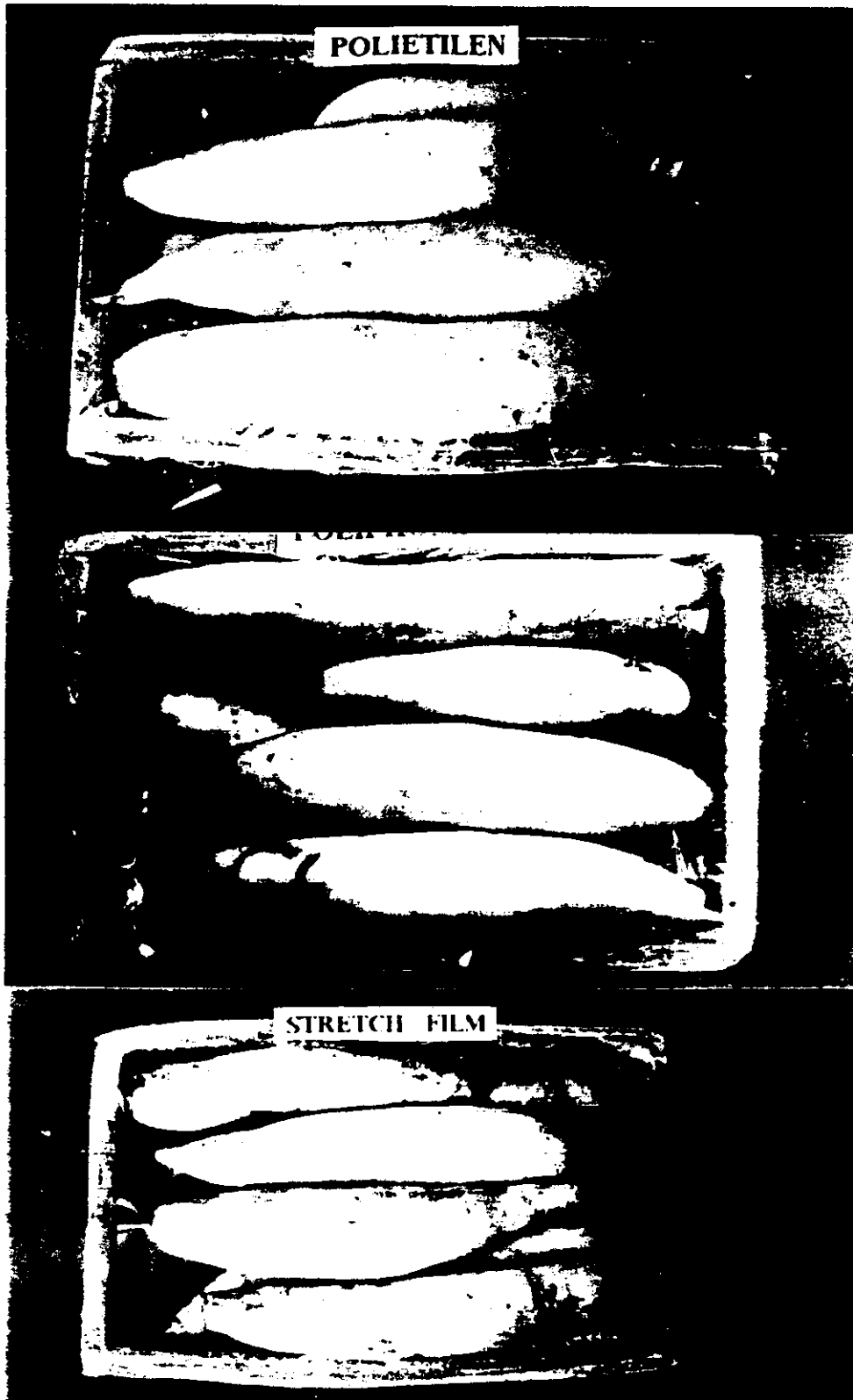
Tabel 12. Berat lobak putih yang dapat dikemas pada luas permukaan kemasan 0.024 m<sup>2</sup> untuk mencapai daerah udara termodifikasi yang disarankan.

Film kemasan	Gas	Permeabilitas (ml-mil) (m <sup>2</sup> -jam)	Laju respirasi (ml/kg-jam)	UM (%)	Berat (kg)
Polietilen densitas rendah	O <sub>2</sub>	833	6.44	5 7	0.50 0.43
	CO <sub>2</sub>	3028	8.55	6 8	0.50 0.68
Polipropilen	O <sub>2</sub>	765	6.44	5 7	0.57 0.50
	CO <sub>2</sub>	1519	8.55	6 8	0.32 0.42
Stretch film	O <sub>2</sub>	574	6.44	5 7	0.76 0.67
	CO <sub>2</sub>	1054	8.55	6 8	0.34 0.52

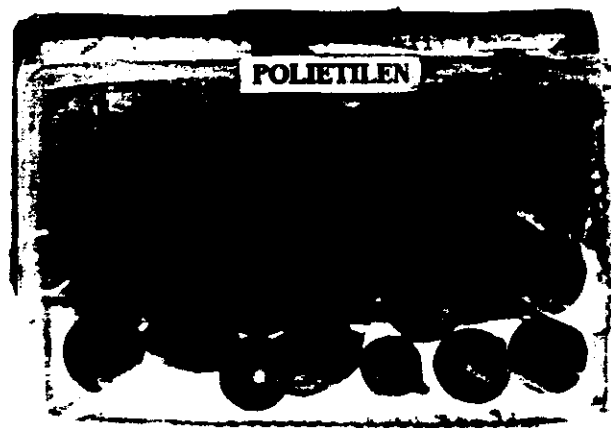
Jadi berat lobak putih yang dikemas untuk jenis film PE densitas rendah, PP, *stretch film* berturut-turut : 0.50 kg, 0.45 kg, 0.60 kg (Gambar 34a). Berat lobak merah yang dikemas untuk jenis PE densitas rendah, PP, *white stretch film* : 0.45 kg, 0.4 kg, 0.4 kg (Gambar 34b). Konsentrasi gas CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> dalam kemasan seperti terlihat pada Gambar 35 sampai dengan 40. Program komputer untuk menduga konsentrasi gas dalam kemasan disajikan pada Lampiran 43.

Tabel 13. Berat lobak merah yang dapat dikemas pada luas permukaan kemasan 0.024 m<sup>2</sup> untuk mencapai daerah udara termodifikasi yang disarankan.

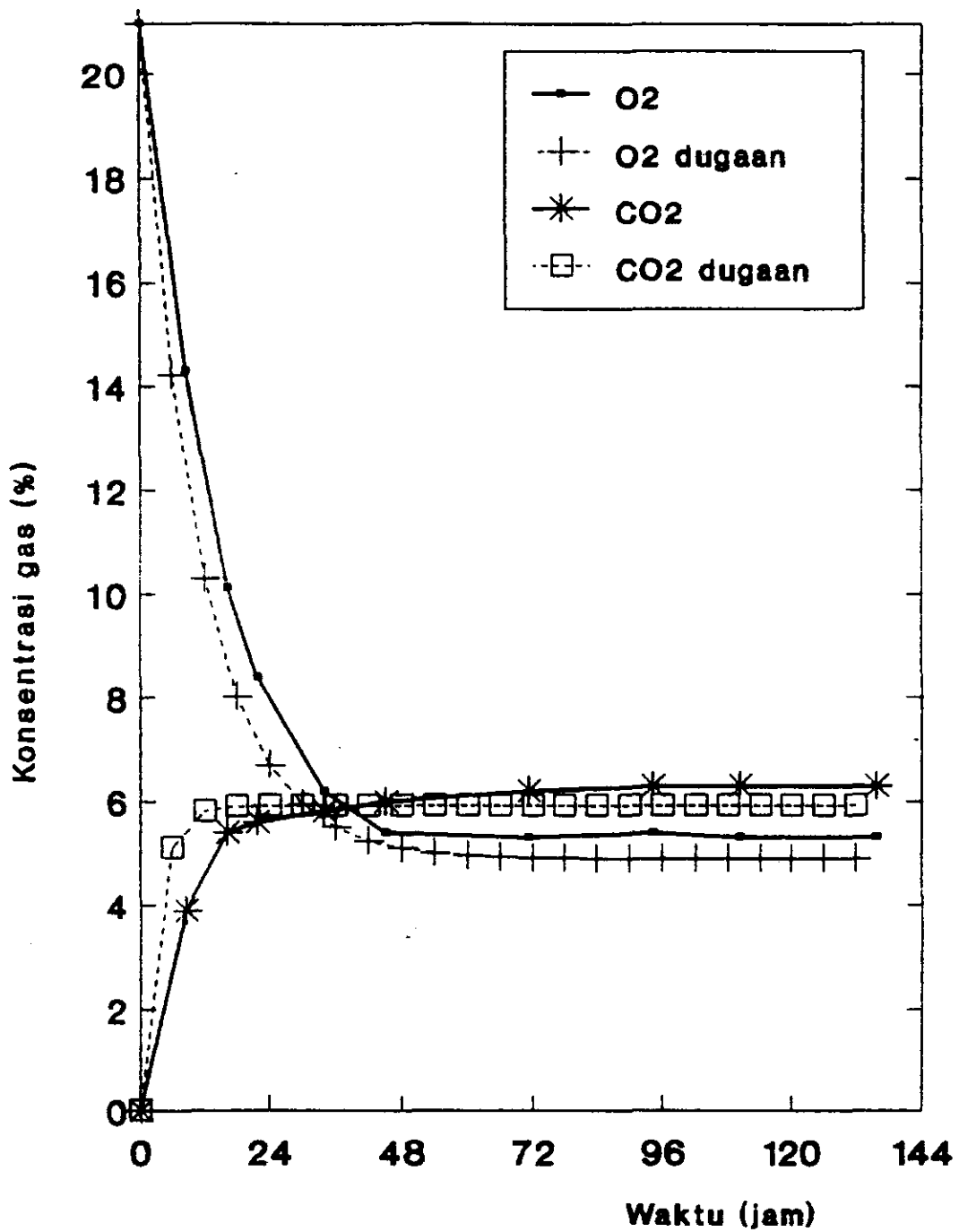
Film kemasan	Gas	Permeabilitas (ml-nil) (m <sup>2</sup> -jam)	Laju respirasi (ml/kg-jam)	UM (%)	Berat (kg)
Polietilen densitas rendah	O <sub>2</sub>	833	7.99	5 7	0.40 0.35
	CO <sub>2</sub>	3028	9.27	6 8	0.47 0.62
Polipropilen	O <sub>2</sub>	765	7.99	5 7	0.45 0.40
	CO <sub>2</sub>	1519	9.27	6 8	0.29 0.40
White Stretch film	O <sub>2</sub>	494	7.99	5 7	0.50 0.43
	CO <sub>2</sub>	950	9.27	6 8	0.29 0.39



Gambar 34a. Lobak Putih yang Dikemas dengan Film Kemasan Jenis Polietilen, Polipropilen dan *Stretch Film* Setelah 12 hari.

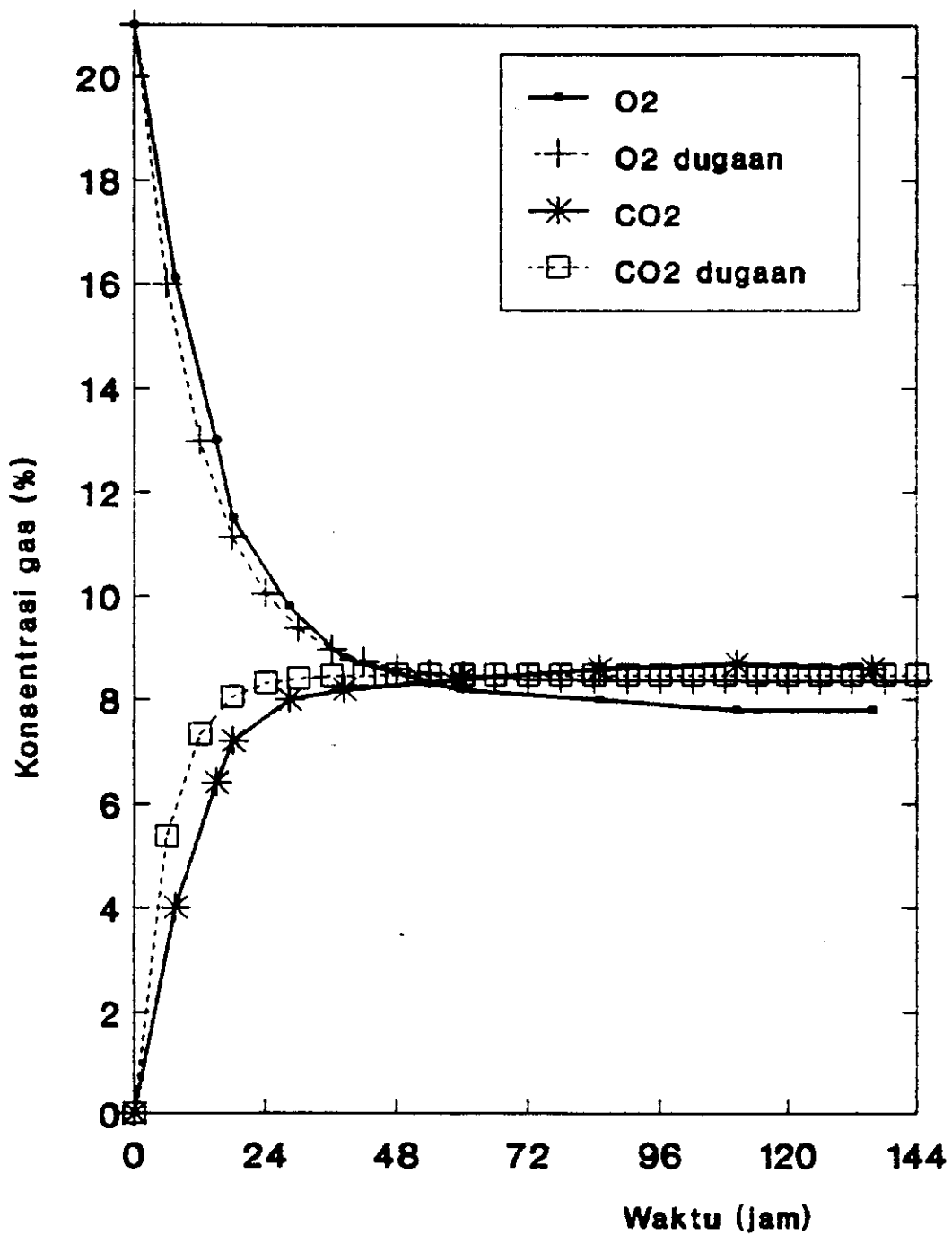


Gambar 34b. Lobak Merah yang Dikemas dengan Film Kemasan Jenis Polietilen, Polipropilen dan *White Stretch Film* Setelah 12 hari.

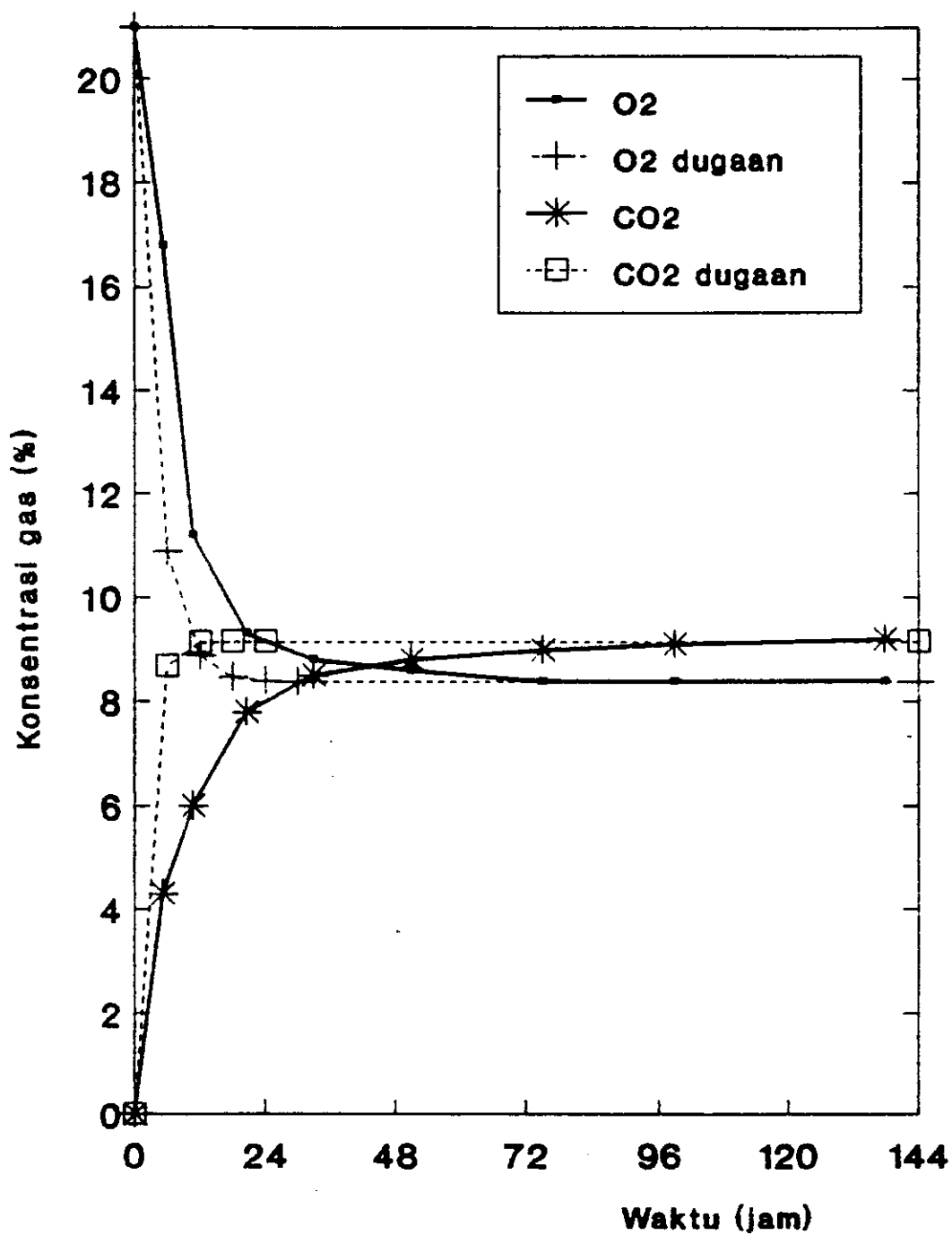


Gambar 35. Konsentrasi Gas CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> dalam Kemasan Lobak Putih yang Dikemas dengan PE Densitas Rendah.

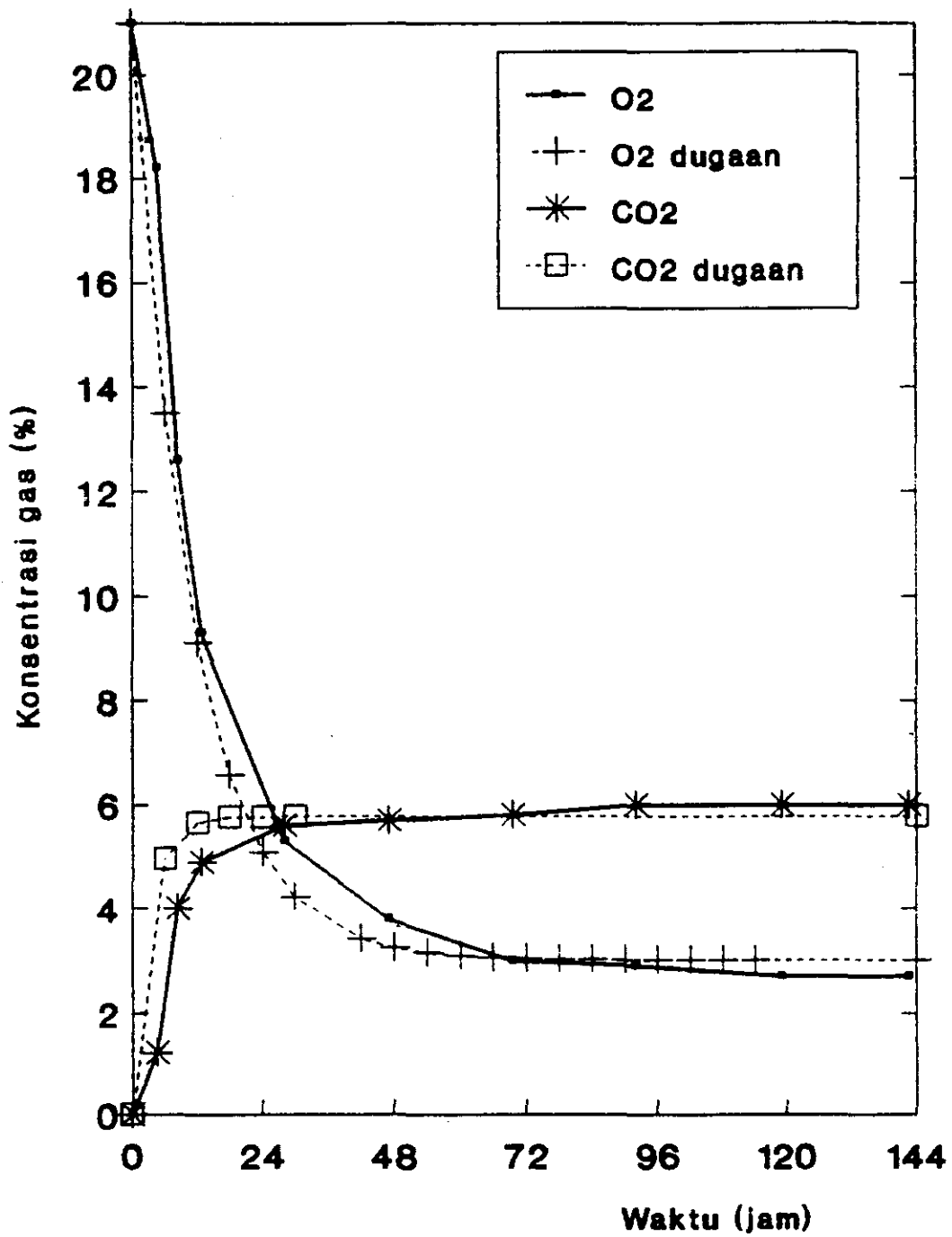




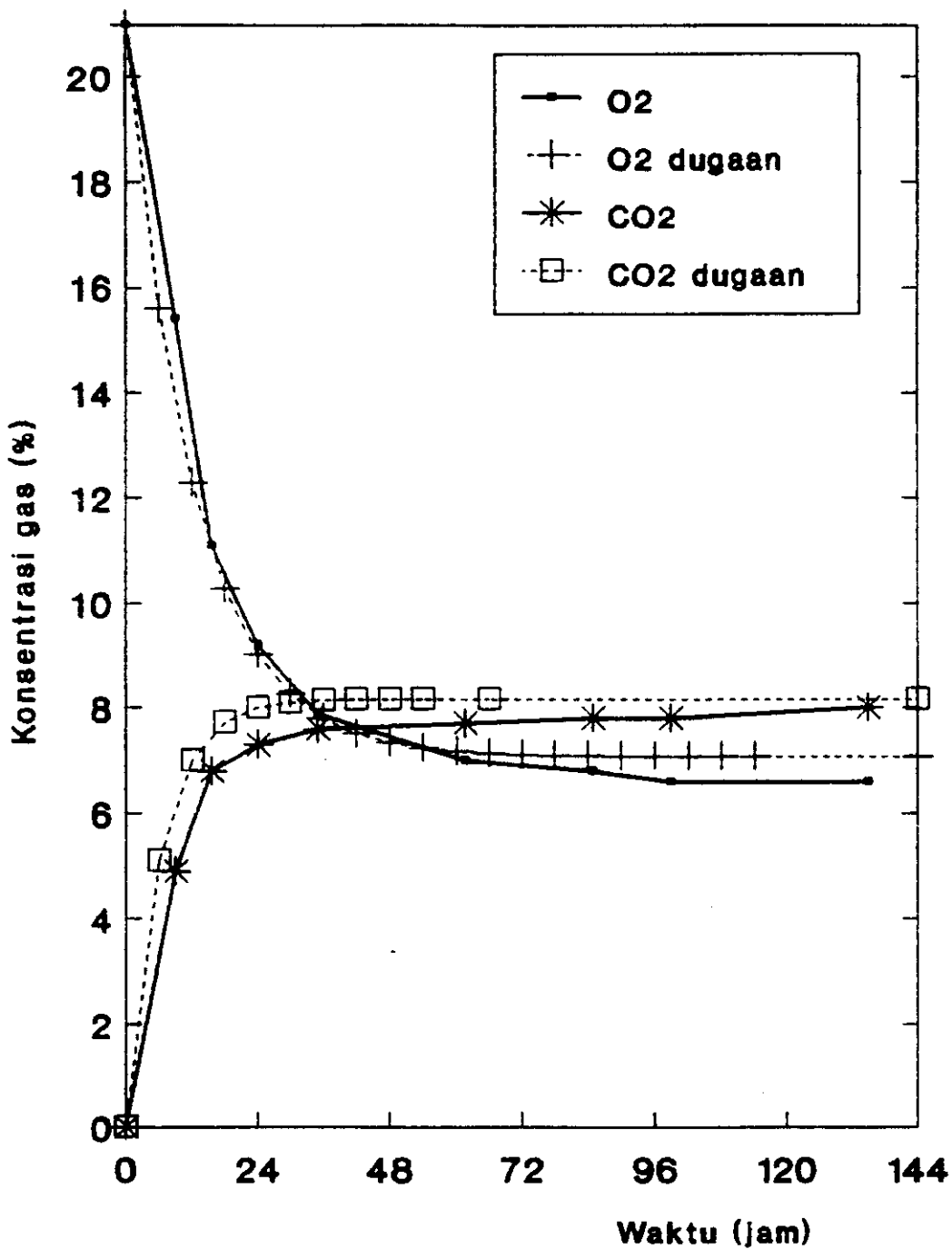
Gambar 36. Konsentrasi Gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{O}_2$  dalam Kemasan Lobak Putih yang Dikemas dengan PP.



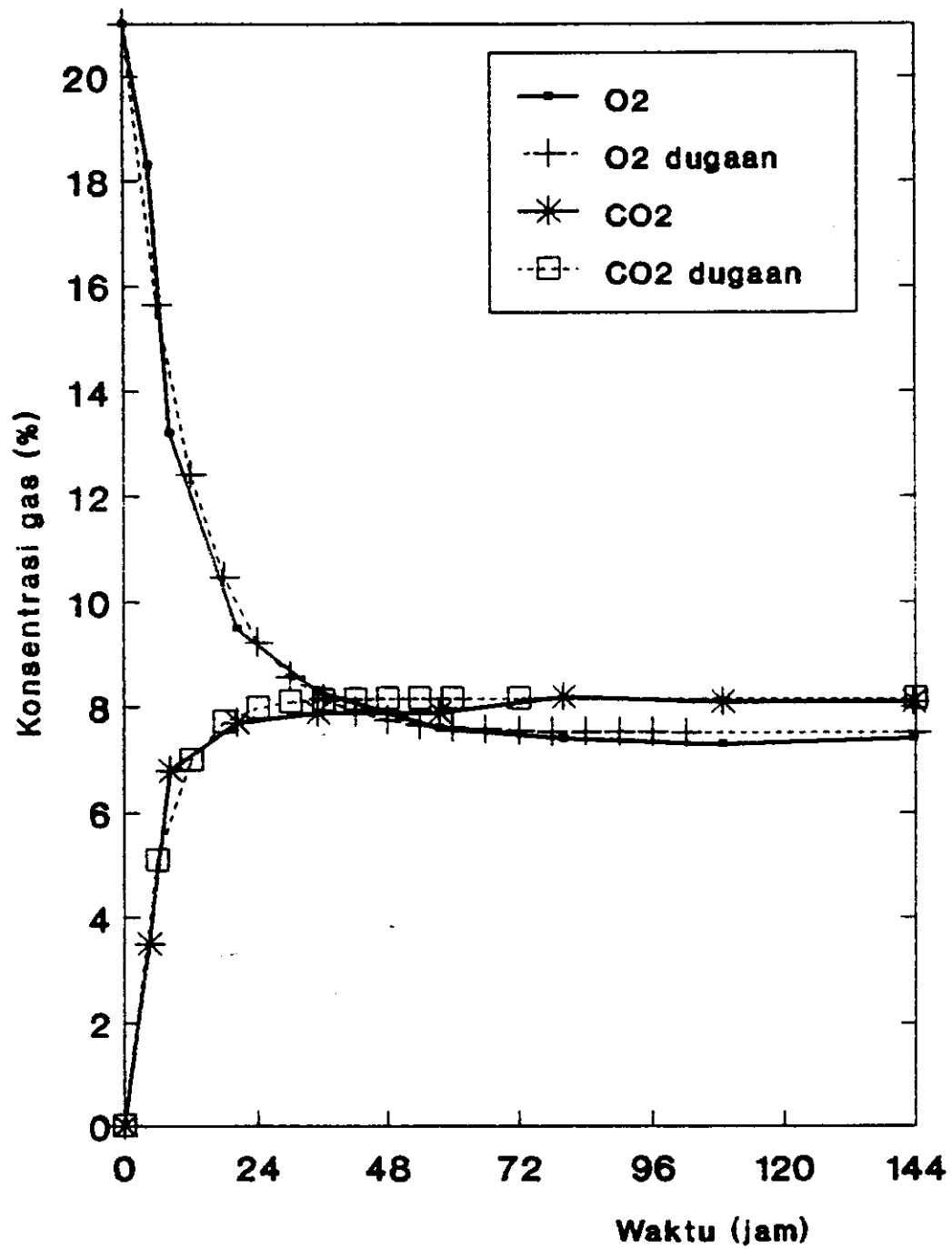
Gambar 37. Konsentrasi Gas CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> dalam Kemasan Lobak Putih yang Dikemas dengan *Stretch Film*



Gambar 38. Konsentrasi Gas CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> dalam Kemasan Lobak Merah yang Dikemas dengan PE Densitas Rendah.



Gambar 39. Konsentrasi Gas CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> dalam Kemasan Lobak Merah yang Dikemas dengan PP



Gambar 40. Konsentrasi Gas CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> dalam Kemasan Lobak Merah yang Dikemas dengan *White Stretch Film*



Gambar 41. Penyimpanan Kemasan yang Terisi Lobak Putih dan Lobak Merah dalam Lemari Pendingin.

Konsentrasi gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{O}_2$  dalam kemasan yang mencapai daerah udara termodifikasi untuk lobak putih adalah yang dikemas dengan jenis PE densitas rendah (Gambar 35), sedang untuk lobak merah adalah yang dikemas dengan jenis PP (Gambar 39).

Hasil pengamatan mutu lobak putih dan lobak merah, yang dilakukan pada penyimpanan hari ke-12, disajikan pada Tabel 14 sampai dengan Tabel 17.

Analisis ragam perubahan kekerasan dan warna lobak putih selama dikemas dapat dilihat pada Lampiran 36 dan 37, dan untuk uji organoleptik pada Lampiran 38 dan 39.

Tabel 14. Hasil pengamatan terhadap kekerasan dan warna lobak putih setelah dikemas selama 12 hari

Jenis film kemasan	Kekerasan (kg/cm <sup>2</sup> )	L*
PE densitas rendah	47.60	74.00
PP	41.67	72.58
<i>Stretch film</i>	33.18	70.36

Tabel 15. Hasil penilaian organoleptik terhadap kekerasan dan warna lobak putih setelah dikemas selama 12 hari

Jenis film kemasan	Kekerasan	Skor	Warna
PE densitas rendah	3.35		3.20
PP	3.55		3.65
<i>Stretch film</i>	4.20		4.15

Tabel 16. Hasil pengamatan terhadap kekerasan dan warna lobak merah setelah dikemas selama 12 hari

Jenis film kemasan	Kekerasan (kg/cm <sup>2</sup> )	a*
PE densitas rendah	14.56	33.88
PP	18.24	37.97
<i>White Stretch film</i>	13.11	31.40





Tabel 17. Hasil penilaian organoleptik terhadap kekerasan dan warna lobak merah setelah dikemas selama 12 hari

Jenis film kemasan	Skor	
	Kekerasan	Warna
PE densitas rendah	3.80	3.55
PP	3.40	3.10
<i>White Stretch film</i>	4.20	3.90

Perubahan kekerasan lobak putih dipengaruhi oleh jenis film kemasan yang digunakan ( $P < 0.05$ ), sedang warna dipengaruhi sangat nyata oleh jenis film kemasan ( $P < 0.01$ ).

Uji Beda Nyata Terkecil menunjukkan pengemasan dengan PP tidak terlalu berbeda nyata dengan PE densitas rendah dan *stretch film*, sedang pengemasan dengan PE densitas rendah berbeda nyata dengan *stretch film* baik terhadap kekerasan maupun warna.

Jenis film kemasan yang digunakan berpengaruh sangat nyata terhadap kekerasan dan warna lobak putih pada penilaian organoleptik.

Jenis film kemasan PE densitas rendah ternyata dapat mempertahankan mutu lobak putih lebih baik dibanding film kemasan lainnya, nilai kekerasan dari keadaan awal 52.02 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 47.60 kg/cm<sup>2</sup> dan nilai  $L^*$  dari keadaan awal 76.13 menjadi 74.00 setelah penyimpanan 12 hari.

Pemakaian film kemasan PE densitas rendah terjadi pengembunan air pada permukaan kemasan. Pengembunan air juga terbentuk pada kemasan dengan film kemasan PP, sedangkan dengan film kemasan *stretch film* tidak terjadi pengembunan air. Hal ini disebabkan *stretch film* lebih permeabel terhadap uap air dibandingkan dengan kedua jenis kemasan lainnya.

Film kemasan yang disarankan untuk penyimpanan lobak putih adalah PE densitas rendah, pada suhu 10°C.

Analisis ragam perubahan kekerasan dan warna lobak merah selama dikemas dan uji organoleptik disajikan berturut-turut pada Lampiran 41, 42, 43 dan 44.

Jenis film kemasan yang digunakan untuk mengemas lobak merah berpengaruh sangat nyata terhadap kekerasan, warna dan penilaian organoleptik.

Uji Beda Nyata Terkecil terhadap warna, baik yang diuji dengan alat maupun yang dinilai panelis, menunjukkan penggunaan jenis film kemasan PE densitas rendah tidak berbeda nyata dengan penggunaan jenis film kemasan *white stretch film*. Uji Beda Nyata Terkecil juga menunjukkan penggunaan film kemasan PP untuk lobak merah menghasilkan mutu lebih baik dibandingkan dengan penggunaan film kemasan lainnya, nilai kekerasan dari keadaan awal 20.18 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 18.24 kg/cm<sup>2</sup> dan nilai  $a^*$  dari keadaan awal 40.95 menjadi 37.97 setelah penyimpanan 12 hari.

Terjadi pengembunan uap air di permukaan kemasan jenis PE densitas rendah dan PP yang dipakai untuk mengemas lobak merah, dan pada pemakaian *white stretch film* terjadi sedikit pengembunan pada permukaan kemasan. Berarti *white stretch film* lebih permeabel terhadap uap air dibanding PE densitas rendah dan PP. Tetapi daya permeabilitas terhadap uap air *white stretch film* lebih rendah dibanding *stretch film*. Jadi film kemasan yang disarankan untuk pengemasan lobak merah adalah PP, pada suhu penyimpanan 10°C.

Pengemasan dengan menggunakan wadah dan film kemasan menimbulkan biaya tambahan. Harga satu buah wadah plastik adalah Rp 100,00. Harga satu rol film kemasan jenis *stretch film* Rp 30 000,00 dan *white stretch film* Rp 36 500,00 dengan panjang 200 m lebar 0.3 m. Satu rol film *stretch film* dan *white stretch film* dapat digunakan untuk mengemas 1000 buah wadah yang ukuran permukaan kemasan 10 x 24 cm. Harga 1 kg film kemasan jenis PE densitas rendah dan PP adalah Rp 6 500,00 terdiri dari 500 buah kantong. Satu buah kantong dapat dipakai untuk satu buah wadah. Hasil perhitungan tambahan biaya untuk pengemasan dengan menggunakan film kemasan yang diuji dapat dilihat pada Tabel 18.



Tabel 18. Hasil perhitungan biaya tambahan dengan menggunakan wadah plastik dan film kemasan

	PE densitas rendah	PP	Stretch film	White stretch film
Wadah plastik	Rp 100,00	Rp 100,00	Rp 100,00	Rp 100,00
Film kemasan	Rp 15,00	Rp 15,00	Rp 30,00	Rp 36,50
TOTAL	Rp 115,00	Rp 115,00	Rp 130,00	Rp 136.50

Lobak putih yang harga jual Rp 1 000,00 per kg, maka pengemasan 0.5 kg lobak putih dengan film kemasan PE densitas rendah dan wadah plastik terjadi tambahan biaya 23 %. Sedang lobak merah yang harga jualnya Rp 2 000,00 per kg, maka pengemasan 0.4 kg lobak merah dengan film kemasan jenis PP dan wadah plastik terjadi tambahan biaya 14.3 %.



## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. KESIMPULAN

1. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa dengan meningkatnya suhu penyimpanan maka laju produksi CO<sub>2</sub> dan laju konsumsi O<sub>2</sub> makin meningkat, baik pada lobak putih maupun lobak merah.
2. Untuk lobak putih pada suhu 5°, 10° dan suhu ruang (27.5±1)°C, laju produksi CO<sub>2</sub> 6.34, 8.55, 31.79 ml/kg-jam sedangkan laju konsumsi O<sub>2</sub> 5.13, 6.44, 31.44 ml/kg-jam.
3. Lobak putih yang disimpan pada suhu 10°C dengan perlakuan kombinasi gas (6±1)% O<sub>2</sub> dan (7±1)% CO<sub>2</sub> mempunyai kekerasan maupun warna yang terbaik dibandingkan dengan perlakuan kombinasi gas lainnya dan kontrol. Kisaran nilai β film kemasan yang memenuhi adalah 1.75 - 2.67.
4. Uji organoleptik yang dilakukan terhadap kekerasan dan warna lobak putih dapat diketahui bahwa panelis menolak produk (dengan rata-rata skor > 4.5) bila memiliki kekerasan lebih kecil dari 31.01 kg/cm<sup>2</sup> dan nilai L\* lebih kecil dari 70.05.
5. Dipilih jenis film kemasan polietilen densitas rendah (β=3.59), polipropilen (β=2.86) dan *stretch film* (β=1.50) untuk pengemasan lobak putih.

6. Konsentrasi gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{O}_2$  dalam kemasan yang mencapai daerah udara termodifikasi untuk lobak putih adalah yang dikemas dengan jenis polietilen densitas rendah. Hasil pengamatan mutu lobak putih yang dilakukan pada penyimpanan hari ke-12, menunjukkan bahwa film kemasan polietilen densitas rendah ternyata dapat mempertahankan mutu lobak putih terbaik. Jadi film kemasan yang disarankan untuk pengemasan lobak putih adalah polietilen densitas rendah pada suhu penyimpanan  $10^\circ\text{C}$ .
7. Lobak putih yang harga jual Rp 1 000,00 per kg, maka pengemasan 0.5 kg lobak putih dengan film kemasan PE densitas rendah dan wadah plastik terjadi tambahan biaya Rp 115,00 (23 %).
8. Untuk lobak merah pada suhu  $5^\circ$ ,  $10^\circ$  dan suhu ruang ( $27.5 \pm 1$ ) $^\circ\text{C}$ , laju produksi  $\text{CO}_2$  7.02, 9.27, 32.81 ml/kg-jam sedangkan laju konsumsi  $\text{O}_2$  5.98, 7.99, 38.81 ml/kg-jam.
9. Lobak merah yang disimpan pada suhu  $10^\circ\text{C}$  dengan perlakuan kombinasi gas ( $6 \pm 1$ )%  $\text{O}_2$  dan ( $7 \pm 1$ )%  $\text{CO}_2$  mempunyai kekerasan maupun warna yang terbaik dibandingkan dengan perlakuan kombinasi gas lainnya dan kontrol. Kisaran nilai  $\beta$  film kemasan yang memenuhi adalah 1.75 - 2.67.
10. Uji organoleptik yang dilakukan terhadap kekerasan dan warna lobak merah dapat diketahui bahwa pane-

lis menolak produk (dengan rata-rata skor  $> 4.5$ ) bila memiliki kekerasan lebih kecil dari  $10.28 \text{ kg/cm}^2$  dan nilai  $a^*$  lebih kecil dari 29.94.

11. Dipilih jenis film kemasan polietilen densitas rendah ( $\beta=3.59$ ), polipropilen ( $\beta=2.86$ ) dan *white stretch film* ( $\beta=1.00$ ) untuk pengemasan lobak merah.
12. Konsentrasi gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{O}_2$  dalam kemasan yang mencapai daerah udara termodifikasi untuk lobak merah adalah yang dikemas dengan jenis polipropilen. Hasil pengamatan mutu lobak merah, yang dilakukan pada penyimpanan hari ke-12, menunjukkan bahwa film kemasan polipropilen dapat mempertahankan mutu lobak merah lebih baik dibanding film kemasan lainnya. Jadi film kemasan yang disarankan untuk pengemasan lobak merah adalah polipropilen pada suhu penyimpanan  $10^\circ\text{C}$ .
13. Lobak merah yang harga jualnya Rp 2 000,00 per kg, maka pengemasan 0.4 kg lobak merah dengan film kemasan jenis PP dan wadah plastik terjadi tambahan biaya Rp 115,00 (14.3 %).



## B. SARAN

1. Sebelum dilakukan penyimpanan disarankan sortasi lobak dilakukan dengan teliti, agar didapat mutu yang lebih seragam dalam satu wadah penyimpanan.
2. Penentuan masa simpan dapat dilakukan untuk mengetahui masa simpan lobak putih dan lobak merah setelah dikemas dengan film kemasan terpilih.



# LAMPIRAN

Hal Cipta Plindone! Unsur-unsurng

1. Diambil sebagai sebagian atau seluruh karya seni berwujud dan nonwujud sumber :
- a. Perangkat lunak berupa arsip elektronik, pendataan, pemrosesan, pemrosesan kerangka, pemrosesan laporan, pemrosesan kerangka atau tujuan suatu masalah
- b. Perangkat lunak tidak berwujud berwujud yang wajar IPB University
2. Dianggap sebagai sumber dan nonberwujud sebagai atau seluruh karya seni berwujud dan nonberwujud apapun tanpa ada IPB University

Lampiran 1a. Data Hasil Pengukuran untuk Laju Respirasi Lobak Putih pada Suhu 5°C

Waktu (jam)	ULANGAN 1		ULANGAN 2		ULANGAN 3	
	CO2(%)	O2(%)	CO2(%)	O2(%)	CO2(%)	O2(%)
0.00	0.0	21.0	0.0	21.0	0.0	21.0
21.42	1.6	19.6	1.9	20.4	2.3	19.8
46.58	2.4	18.7	2.9	18.6	2.8	18.9
68.62	3.1	18.2	3.4	18.2	3.2	17.9
93.20	4.8	17.9	4.4	17.9	4.0	17.5
116.38	4.6	17.5	4.8	17.4	4.8	16.4
142.00	5.3	17.2	5.0	17.1	5.2	16.2
164.58	5.3	17.3	5.2	17.1	4.9	16.0
188.65	6.0	17.1	5.5	16.7	5.1	15.7
211.70	6.1	17.0	5.9	16.7	5.2	15.5

Lampiran 1b. Hasil Perhitungan untuk Laju Respirasi Lobak Putih pada Suhu 5°C

Waktu (jam)	ULANGAN 1		ULANGAN 2		ULANGAN 3	
	CO2 (ml/kg)	O2 (ml/kg)	CO2 (ml/kg)	O2 (ml/kg)	CO2 (ml/kg)	O2 (ml/kg)
0.00	0.00	3033.48	0.00	3192.76	0.00	3041.60
21.42	231.12	2831.25	288.87	3101.54	333.13	2838.83
46.58	346.68	2701.25	440.90	2827.87	405.55	2838.83
68.62	447.80	2629.02	516.92	2767.06	463.48	2592.60
93.20	693.37	2585.68	668.96	2721.45	579.35	2549.15
116.38	664.48	2527.90	729.77	2645.43	695.22	2505.70
142.00	765.59	2484.57	760.18	2599.82	753.16	2476.73
164.58	837.82	2499.01	790.59	2599.82	709.71	2505.70
188.65	866.71	2470.12	836.20	2539.00	738.67	2491.22
211.70	881.16	2455.68	897.01	2539.00	753.16	2520.18
Laju respirasi (ml/kg-jam)=	6.86	4.68	6.68	5.48	5.48	5.23
vol.bebas =	3119	ml	3095	ml	3102	ml
berat =	0.21592	kg	0.20357	kg	0.21417	kg

Lampiran 2a. Data Hasil Pengukuran untuk Laju Respirasi Lobak Putih pada Suhu 10°C

Waktu (jam)	ULANGAN 1		ULANGAN 2		ULANGAN 3	
	CO2(%)	O2(%)	CO2(%)	O2(%)	CO2(%)	O2(%)
0.00	0.0	21.0	0.0	21.0	0.0	21.0
21.25	3.0	19.3	2.5	19.3	3.0	19.6
47.08	4.1	18.2	3.1	18.7	4.8	18.6
71.25	5.9	16.7	4.8	16.8	5.9	17.3
94.17	6.7	15.5	5.5	15.8	7.5	16.8
138.08	8.8	14.0	9.0	13.6	9.2	16.3
162.87	8.9	13.6	9.2	12.7	9.7	15.9
187.00	10.0	12.7	10.0	12.7	10.2	17.7
210.17	10.0	12.2	10.0	12.2	10.2	17.3
241.00	10.0	12.1	10.0	12.3	10.3	17.3

Lampiran 2b. Hasil Perhitungan untuk Laju Respirasi Lobak Putih pada Suhu 10°C

Waktu (jam)	ULANGAN 1		ULANGAN 2		ULANGAN 3	
	CO2 (ml/kg)	O2 (ml/kg)	CO2 (ml/kg)	O2 (ml/kg)	CO2 (ml/kg)	O2 (ml/kg)
0.00	0.00	2939.29	0.00	3014.63	0.00	2861.37
21.25	419.90	2701.34	358.89	2770.59	408.77	2670.61
47.08	573.86	2547.38	445.02	2684.46	654.03	2534.35
71.25	825.80	2337.43	689.06	2411.71	803.91	2357.22
94.17	937.77	2169.47	789.55	2268.15	1021.92	2289.09
138.08	1231.70	1959.52	1291.99	1952.33	1253.55	2220.97
162.87	1245.70	1903.54	1320.70	1823.14	1321.68	2166.46
187.00	1399.66	1777.57	1435.54	1823.14	1389.81	2411.72
210.17	1399.66	1707.59	1435.54	1751.36	1389.81	2357.22
241.00	1399.66	1693.59	1435.54	1765.71	1403.43	2357.22
Laju respirasi (ml/kg-jam)=	8.39	7.08	8.62	7.57	8.66	4.69
vol.bebas =	3050	ml	3090	ml	3037	ml
berat =	0.21700	kg	0.21525	kg	0.22289	kg

Lampiran 3a. Data Hasil Pengukuran untuk Laju Respirasi Lobak Putih pada Suhu Ruang ( $27.5 \pm 1$ )°C

Waktu (jam)	ULANGAN 1		ULANGAN 2		ULANGAN 3	
	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)
0.00	0.0	21.0	0.0	21.0	0.0	21.0
4.00	1.0	19.7	1.0	19.5	1.0	19.6
8.25	2.4	18.4	2.2	18.3	2.6	18.4
12.58	3.4	17.5	3.0	17.4	3.2	17.5
16.00	3.9	16.7	4.1	16.6	4.4	16.6
20.00	5.8	15.8	5.2	15.5	5.0	15.9
24.08	5.7	15.1	6.1	14.7	5.6	15.1
48.75	10.0	9.7	11.0	9.2	11.0	9.4
69.50	15.0	6.1	16.0	5.9	15.0	6.2
94.13	16.5	4.3	17.0	4.6	16.0	4.3
117.25	17.0	4.1	17.8	3.9	16.9	4.2

Lampiran 3b. Hasil Perhitungan untuk Laju Respirasi Lobak Putih pada Suhu Ruang ( $27.5 \pm 1$ )°C

Waktu (jam)	ULANGAN 1		ULANGAN 2		ULANGAN 3	
	CO <sub>2</sub> (ml/kg)	O <sub>2</sub> (ml/kg)	CO <sub>2</sub> (ml/kg)	O <sub>2</sub> (ml/kg)	CO <sub>2</sub> (ml/kg)	O <sub>2</sub> (ml/kg)
0.00	0.00	3166.18	0.00	2982.63	0.00	3172.11
4.00	150.77	2970.18	142.03	2769.59	151.05	2960.64
8.25	361.85	2774.18	312.47	2599.15	392.74	2779.38
12.58	512.62	2638.49	426.09	2471.32	483.37	2643.43
16.00	588.01	2517.87	582.32	2357.70	664.63	2507.48
20.00	874.47	2382.18	738.56	2201.47	755.27	2401.74
24.08	859.39	2276.64	866.38	2087.84	845.90	2280.90
48.75	1507.71	1462.48	1562.33	1306.68	1661.58	1419.90
69.50	2261.56	919.70	2272.48	837.98	2265.80	936.53
94.13	2487.72	738.78	2414.51	653.34	2416.85	725.05
117.25	2563.10	618.16	2528.13	553.92	2552.80	634.42
Laju respirasi (ml/kg-jam)=	31.15	31.85	32.14	30.54	32.09	31.94
vol.bebas =	3130	ml	3140	ml	3120	ml
berat =	0.20760	kg	0.22108	kg	0.20655	kg

Lampiran 4a. Analisis Ragam dari Laju Produksi CO<sub>2</sub> Lobak Putih

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Suhu penyimpanan	2	1192.5779	596.29	2002.42	.000
Galat	6	1.7867	0.30		
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>1194.3646</b>			

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata

Lampiran 4b. Analisis Ragam dari Laju Konsumsi O<sub>2</sub> Lobak Putih

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Suhu penyimpanan	2	1319.2023	659.60	626.59	.000
Galat	6	6.3161	1.05		
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>1325.5184</b>			

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata



Lampiran 5a. Uji Beda Nyata Terkecil dari Laju Produksi  
CO<sub>2</sub> Lobak Putih

Suhu penyimpanan (°C)	Rata-rata (ml/kg-jam)
5	6.34 C
10	8.55 B
27.5	31.79 A

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05} = 1.09$ )

Lampiran 5b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Laju Konsumsi  
O<sub>2</sub> Lobak Putih

Suhu penyimpanan (°C)	Rata-rata (ml/kg-jam)
5	5.13 E
10	6.44 B
27.5	31.44 A

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05} = 2.05$ )



Lampiran 6a. Data Hasil Pengukuran untuk Laju Respirasi Lobak Merah pada Suhu 5°C

Waktu (jam)	ULANGAN 1		ULANGAN 2		ULANGAN 3	
	CO2(%)	O2(%)	CO2(%)	O2(%)	CO2(%)	O2(%)
0.00	0.0	21.0	0.0	21.0	0.0	21.0
22.00	0.6	20.6	0.5	20.6	0.8	20.5
47.00	1.1	20.1	1.0	20.2	1.5	19.9
69.50	1.4	19.8	1.3	19.9	1.9	19.4
91.92	1.5	19.7	1.4	19.8	2.0	19.2
119.08	2.0	19.5	1.8	19.8	2.2	19.2
142.50	2.2	19.5	1.9	19.8	2.4	19.2
166.50	2.3	19.5	2.0	19.8	2.6	19.2
190.50	2.4	19.5	2.1	19.7	2.8	19.0
234.75	2.4	19.4	2.2	19.7	2.8	19.0

Lampiran 6b. Hasil Perhitungan untuk Laju Respirasi Lobak Merah pada Suhu 5°C

Waktu (jam)	ULANGAN 1		ULANGAN 2		ULANGAN 3	
	CO2 (ml/kg)	O2 (ml/kg)	CO2 (ml/kg)	O2 (ml/kg)	CO2 (ml/kg)	O2 (ml/kg)
0.00	0.00	6669.52	0.00	6680.29	0.00	6652.95
22.00	190.56	6542.48	159.05	6553.05	253.45	6494.55
47.00	349.36	6383.68	318.11	6425.80	475.21	6304.46
69.50	444.63	6288.40	413.54	6330.37	601.93	6146.06
91.92	476.39	6256.64	445.35	6298.56	633.61	6082.70
119.08	635.19	6193.12	572.60	6298.56	696.98	6082.70
142.50	698.71	6193.12	604.41	6298.56	760.34	6082.70
166.50	730.47	6193.12	636.22	6298.56	823.70	6082.70
190.50	762.23	6193.12	668.03	6266.75	887.06	6019.34
234.75	762.23	6161.37	699.84	6266.75	887.06	6019.34
Laju respirasi (ml/kg-jam)=	6.39	5.58	5.99	5.04	8.68	7.33
vol.bebas =	3229	ml	3183	ml	3195	ml
berat =	0.10167	kg	0.10006	kg	0.10085	kg

Lampiran 7a. Data Hasil Pengukuran untuk Laju Respirasi Lobak Merah pada Suhu 10°C

Waktu (jam)	ULANGAN 1		ULANGAN 2		ULANGAN 3	
	CO2(%)	O2(%)	CO2(%)	O2(%)	CO2(%)	O2(%)
0.00	0.0	21.0	0.0	21.0	0.0	21.0
22.00	2.1	19.7	2.0	19.7	2.1	19.7
47.83	3.0	18.2	3.0	18.4	2.9	18.7
71.42	4.8	16.8	4.5	17.2	4.6	17.1
94.42	5.2	16.0	5.0	16.2	4.8	16.4
138.33	7.5	14.5	7.2	14.9	7.4	15.1
163.08	7.8	14.6	7.9	14.1	7.5	14.3
187.25	9.1	13.4	9.0	13.7	8.4	13.9
210.92	8.4	13.5	8.1	13.8	8.2	13.6
242.03	8.2	13.7	8.2	14.4	8.7	13.3

Lampiran 7b. Hasil Perhitungan untuk Laju Respirasi Lobak Merah pada Suhu 10°C

Waktu (jam)	ULANGAN 1		ULANGAN 2		ULANGAN 3	
	CO2 (ml/kg)	O2 (ml/kg)	CO2 (ml/kg)	O2 (ml/kg)	CO2 (ml/kg)	O2 (ml/kg)
0.00	0.00	4314.62	0.00	4400.32	0.00	4357.41
22.00	431.46	4047.52	419.08	4127.92	435.74	4087.67
47.83	616.37	3739.33	628.62	3855.52	601.74	3880.17
71.42	986.20	3451.69	942.93	3604.07	954.48	3548.18
94.42	1068.38	3287.33	1047.70	3394.53	995.98	3402.93
138.33	1540.93	2979.14	1508.68	3122.13	1535.47	3133.19
163.08	1602.57	2999.69	1655.36	2954.50	1556.22	2967.19
187.25	1869.67	2753.14	1885.85	2870.68	1742.97	2884.19
210.92	1725.85	2773.68	1697.27	2891.64	1701.47	2821.94
242.03	1684.75	2814.77	1718.22	3017.36	1805.21	2759.69
Laju respirasi (ml/kg-jam)=	9.38	7.96	9.53	8.14	8.90	7.85
vol.bebas =	3132	ml	3150	ml	3128	ml
berat =	0.15244	kg	0.15033	kg	0.15075	kg

Lampiran 8a. Data Hasil Pengukuran untuk Laju Respirasi Lobak Merah pada Suhu Ruang ( $27.5 \pm 1$ )°C

Waktu (jam)	ULANGAN 1		ULANGAN 2		ULANGAN 3	
	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)
0.000	0.0	21.0	0.0	21.0	0.0	21.0
7.000	1.5	19.6	1.7	19.2	1.6	19.5
14.583	3.5	15.9	3.1	16.3	3.4	16.2
19.100	5.2	14.9	4.6	15.4	4.8	15.1
25.583	6.7	13.3	6.4	13.7	7.1	13.2
36.433	8.0	11.8	7.5	12.0	7.5	11.7
61.117	11.0	9.2	10.0	9.4	11.0	8.6
85.000	13.0	7.2	13.0	7.0	13.0	5.7
110.167	15.0	5.2	15.0	5.0	16.0	4.7
135.750	16.0	3.9	17.0	3.5	18.0	3.0
156.900	17.0	3.2	18.0	2.7	19.0	2.3
181.250	20.0	2.1	20.0	1.7	20.0	1.9
206.233	20.0	2.0	21.0	1.8	21.0	1.8
228.500	20.0	2.1	22.0	1.9	22.0	1.8

Lampiran 8b. Hasil Perhitungan untuk Laju Respirasi Lobak Merah pada Suhu Ruang ( $27.5 \pm 1$ )°C

Waktu (jam)	ULANGAN 1		ULANGAN 2		ULANGAN 3	
	CO <sub>2</sub> (ml/kg)	O <sub>2</sub> (ml/kg)	CO <sub>2</sub> (ml/kg)	O <sub>2</sub> (ml/kg)	CO <sub>2</sub> (ml/kg)	O <sub>2</sub> (ml/kg)
0.000	0.00	3288.33	0.00	3231.81	0.00	3227.22
7.000	234.88	3069.11	261.62	2954.80	245.88	2996.71
14.583	548.06	2489.74	477.08	2508.50	522.50	2489.57
19.100	814.25	2333.15	707.92	2370.00	737.65	2320.53
25.583	1049.14	2082.61	984.93	2108.37	1091.11	2028.54
38.433	1252.70	1847.73	1154.22	1846.75	1152.58	1798.02
61.117	1722.46	1440.60	1538.96	1446.62	1690.45	1321.62
85.000	2035.64	1127.43	2000.65	1077.27	1997.80	875.96
110.167	2348.81	814.25	2308.44	769.48	2458.84	722.28
135.750	2505.40	610.69	2616.23	538.64	2766.19	461.03
156.900	2661.99	501.08	2770.13	415.52	2919.87	353.46
181.250	3131.75	328.83	3077.92	261.62	3073.55	291.99
206.233	3131.75	313.17	3231.81	277.01	3227.22	276.62
228.500	3131.75	328.83	3385.71	292.40	3380.90	276.62
Laju respirasi (ml/kg-jam)=	34.51	39.77	31.46	37.22	32.44	39.43
vol.bebas =	3133	ml	3091	ml	3080	ml
berat =	0.20008	kg	0.20085	kg	0.20042	kg

Lampiran 9a. Analisis ragam dari Laju Produksi CO<sub>2</sub>  
Lobak Merah

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Suhu penyimpanan	2	1224.0646	612.03	396.18	.000
Galat	6	9.2689	1.54		
Total	8	1233.3335			

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata

Lampiran 9b. Analisis ragam dari Laju Konsumsi O<sub>2</sub>  
Lobak Merah

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Suhu penyimpanan	2	2031.2215	1015.61	903.45	.000
Galat	6	6.7449	1.12		
Total	8				

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata

Lampiran 10a. Uji Beda Nyata Terkecil dari Laju Produksi  
CO<sub>2</sub> Lobak Merah

Suhu penyimpanan (°C)	Rata-rata (ml/kg-jam)
5	7.02 B
10	9.27 B
27.5	32.81 A

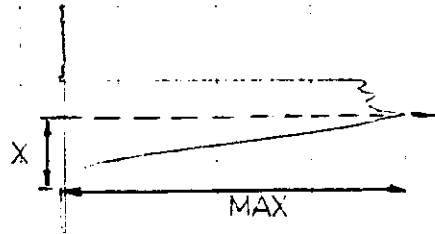
keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05} = 2.48$ )

Lampiran 10b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Laju Konsumsi  
O<sub>2</sub> Lobak Merah

Suhu penyimpanan (°C)	Rata-rata (ml/kg-jam)
5	5.98 B
10	7.99 B
27.5	38.81 A

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05} = 2.11$ )

### Lampiran 11a. Perhitungan Nilai Kekerasan Lobak dengan Menggunakan Modulus Secant



Diketahui :

Diameter Plunger	: 3.595 cm
Kecepatan beban	: 50 mm/menit
Kecepatan kertas grafik	: 50 mm/menit
Pembebanan	: 100 kg/ 6.25 cm
Diameter lobak	: d cm
Jarak mencapai beban maksimum	: max cm
Jarak terjadinya deformasi	: x cm

Pemecahan :

$$\begin{aligned}
 F &= \text{Pembebanan} * \text{jarak mencapai beban maksimum} \\
 &= \frac{100 \text{ kg}}{6.25 \text{ cm}} * \text{max cm} \\
 &= 16 \text{ max kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= \text{Luas plunger} \\
 &= \frac{1}{4} \pi (3.595)^2 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$



$$\Delta L/L = \frac{\text{Kecepatan beban} \cdot \text{jarak terjadinya deformasi}}{\text{Kecepatan kertas grafik} \cdot \text{diameter lobak}}$$

$$= \frac{50 \text{ mm/menit} \cdot x \text{ cm}}{50 \text{ mm/menit} \cdot d \text{ cm}}$$

$$= (x/d)$$

sehingga :

$$\text{Modulus Secant (kg/cm}^2\text{)} = \frac{F / A}{\Delta L / L}$$

$$= \frac{16 \cdot \text{max} \cdot d}{\frac{1}{2} \pi (3.595)^2 \cdot x}$$

Lampiran 11b. Skala Penilaian Organoleptik dengan Metode Uji Perbandingan Jamak

Skala Perbandingan	Skala Numerik
Lebih baik	1
Agak lebih baik	2
Sama	3
Agak lebih buruk	4
Lebih buruk	5

Lampiran 12. Data Hasil Pengukuran Kekerasan dan Warna Lobak Putih pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi

K	L	T	Kekerasan (kg/cm <sup>2</sup> )	Warna L*	K	L	T	Kekerasan (kg/cm <sup>2</sup> )	Warna L*
1	0	5	52.02	76.13	1	0	10	52.02	76.13
1	4	5	36.64	73.48	1	4	10	45.28	74.58
1	8	5	34.86	69.53	1	8	10	42.22	74.31
1	12	5	30.42	68.16	1	12	10	41.19	71.20
2	0	5	52.02	76.13	2	0	10	52.02	76.13
2	4	5	45.15	75.42	2	4	10	50.70	75.97
2	8	5	38.78	72.19	2	8	10	48.01	75.45
2	12	5	31.71	71.62	2	12	10	45.23	73.39
3	0	5	52.02	76.13	3	0	10	52.02	76.13
3	4	5	31.01	71.38	3	4	10	48.83	71.50
3	8	5	27.10	70.49	3	8	10	46.59	71.16
3	12	5	27.02	68.92	3	12	10	42.82	68.83
4	0	5	52.02	76.13	4	0	10	52.02	76.13
4	4	5	27.16	70.30	4	4	10	44.63	72.81
4	8	5	25.84	68.46	4	8	10	40.47	72.15
4	12	5	23.26	66.10	4	12	10	36.26	68.92
5	0	5	52.02	76.13	5	0	10	52.02	76.13
5	4	5	20.04	70.05	5	4	10	27.42	70.15
5	8	5	13.05	66.74	5	8	10	24.51	69.42
5	12	5	10.72	65.63	5	12	10	19.03	66.99

keterangan : data ini merupakan rata-rata dari dua kali ulangan

K : Kombinasi gas

1: 2±1% O<sub>2</sub> dan 3±1% CO<sub>2</sub>

2: 6±1% O<sub>2</sub> dan 7±1% CO<sub>2</sub>

3: 11±1% O<sub>2</sub> dan 12±1% CO<sub>2</sub>

4: 2±1% O<sub>2</sub> dan 12±1% CO<sub>2</sub>

5: kontrol

L : Lama penyimpanan (hari)

T : Suhu penyimpanan (°C)

Lampiran 13. Data Hasil Pengukuran Kekerasan dan Warna Lobak Merah pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi

K	L	T	Kekerasan (kg/cm <sup>2</sup> )	Warna a*	K	L	T	Kekerasan (kg/cm <sup>2</sup> )	Warna a*
1	0	5	20.18	40.95	1	0	10	20.18	40.95
1	4	5	15.40	35.90	1	4	10	18.25	39.00
1	8	5	11.28	44.03	1	8	10	16.72	36.30
1	12	5	9.66	33.63	1	12	10	15.16	35.73
2	0	5	20.18	40.95	2	0	10	20.18	40.95
2	4	5	14.24	38.84	2	4	10	19.37	38.18
2	8	5	12.26	42.06	2	8	10	18.71	41.33
2	12	5	10.43	35.71	2	12	10	16.15	37.14
3	0	5	20.18	40.95	3	0	10	20.18	40.95
3	4	5	11.08	33.78	3	4	10	18.81	33.54
3	8	5	9.33	32.39	3	8	10	16.24	34.21
3	12	5	8.64	28.83	3	12	10	13.75	29.94
4	0	5	20.18	40.95	4	0	10	20.18	40.95
4	4	5	10.28	36.58	4	4	10	16.84	35.96
4	8	5	9.95	35.52	4	8	10	15.52	34.27
4	12	5	8.30	25.54	4	12	10	12.96	30.79
5	0	5	20.18	40.95	5	0	10	20.18	40.95
5	4	5	8.76	29.58	5	4	10	14.46	27.41
5	8	5	6.57	28.43	5	8	10	10.70	26.93
5	12	5	5.86	17.08	5	12	10	9.04	24.19

keterangan : data ini merupakan rata-rata dari dua kali ulangan

K : Kombinasi gas

1: 2±1% O<sub>2</sub> dan 3±1% CO<sub>2</sub>

2: 6±1% O<sub>2</sub> dan 7±1% CO<sub>2</sub>

3: 11±1% O<sub>2</sub> dan 12±1% CO<sub>2</sub>

4: 2±1% O<sub>2</sub> dan 12±1% CO<sub>2</sub>

5: kontrol

L : Lama penyimpanan (hari)

T : Suhu penyimpanan (°C)

Lampiran 14. Analisis Ragam dari Perubahan Kekerasan Lobak Putih pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Kombinasi gas (K)	4	3042.09	760.523	12.41	.000
Lana penyimpanan (L)	3	5237.94	1745.982	28.49	.000
K L	12	1051.26	87.605	1.43	.193
Suhu penyimpanan (T)	1	1627.66	1627.659	26.56	.000
K T	4	149.50	37.375	0.61	
L T	3	545.84	181.948	2.97	.043
K L T	12	110.45	9.204	0.15	
Galat	40	2451.40	61.285		

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata

Lampiran 15a. Rata-rata dari Perubahan Kekerasan Lobak Putih pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi dengan Sumber Keragaman Suhu Penyimpanan

Suhu penyimpanan (°C)	Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
5	34.14
10	43.16

Lampiran 15b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Perubahan Kekerasan Lobak Putih pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi dengan Sumber Keragaman Kombinasi Gas

Kombinasi gas	Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub>	41.83 AB
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub>	45.45 A
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub>	40.92 AB
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub>	37.70 B
kontrol	27.35 C

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05} = 5.59$ )

Lampiran 15c. Uji Beda Nyata Terkecil dari Perubahan Kekerasan Lobak Putih pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi dengan Sumber Keragaman Lama Penyimpanan

Lama penyimpanan (hari)	Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
0	52.01 A
4	37.69 B
8	34.14 BC
12	30.77 C

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05} = 5.00$ )

Lampiran 16. Analisis Ragam dari Perubahan Warna Lobak Putih pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Kombinasi gas (K)	4	176.21	44.051	25.61	.000
Lama Penyimpanan (L)	3	548.39	182.795	106.25	.000
K L	12	65.20	5.433	3.16	.003
Suhu penyimpanan (T)	1	40.21	40.215	23.37	.000
K T	4	12.20	3.051	1.77	.153
L T	3	24.91	8.304	4.85	.005
K L T	12	7.37	0.614	0.36	
Galat	40	68.82	1.720		

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata

Lampiran 17a. Rata-rata dari Perubahan Warna Lobak Putih pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi dengan Sumber Keragaman Suhu Penyimpanan

Suhu penyimpanan (°C)	Rata-rata nilai $L^*$
5	71.46
10	72.87

Lampiran 17b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Perubahan Warna Lobak Putih pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi dengan Sumber Keragaman Kombinasi Gas

Kombinasi gas	Rata-rata nilai $L^*$
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub>	72.94 B
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub>	74.54 A
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub>	71.82 C
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub>	71.37 C
kontrol	70.16 D

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05} = 0.94$ )

Lampiran 17c. Uji Beda Nyata Terkecil dari Perubahan Warna Lobak Putih pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi dengan Sumber Keragaman Lama Penyimpanan

Lama penyimpanan (hari)	Rata-rata nilai $L^*$
0	76.13 A
4	72.56 B
8	70.99 C
12	68.98 D

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05} = 0.84$ )



Lampiran 18a. Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Putih pada Penyimpanan 4 hari

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Panelis	19	18.02	0.948	2.71	.000
Perlakuan kombinasi gas	9	152.42	16.936	48.44	.000
Galat	171	59.78	0.350		

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata

Lampiran 18b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Putih pada Penyimpanan 4 hari

Perlakuan	Rata-rata Skor
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	2.65 C
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	2.75 C
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	2.60 C
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	4.55 A
kontrol, suhu 5°C	4.70 A
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	2.75 C
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	2.55 C
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	2.85 C
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	3.25 B
kontrol, suhu 10°C	4.65 A

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata (BNT<sub>0.05</sub>=0.37)

Lampiran 19a. Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Putih pada Penyimpanan 8 hari

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Panelis	19	14.89	0.784	1.96	.012
Perlakuan kombinasi gas	9	111.64	12.405	31.08	.000
Galat	171	68.25	0.399		

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata

Lampiran 19b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Putih pada Penyimpanan 8 hari

Perlakuan	Rata-rata Skor	
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	3.55	D
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	3.50	DE
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	4.55	C
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	4.60	BC
kontrol, suhu 5°C	5.00	A
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	2.95	F
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	3.15	EF
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	3.30	DEF
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	3.40	DE
kontrol, suhu 10°C	4.95	AB

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05}=0.39$ )

Lampiran 20a. Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Putih pada Penyimpanan 12 hari

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Panelis	19	14.30	0.752	1.94	.014
Perlakuan kombinasi gas	9	35.55	3.949	10.18	.000
Galat	171	66.35	0.388		

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata

Lampiran 20b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Putih pada Penyimpanan 12 hari

Perlakuan	Rata-rata Skor
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	4.20 C
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	4.10 C
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	4.65 AB
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	4.75 A
kontrol, suhu 5°C	5.00 A
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	4.10 C
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	3.60 D
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	4.30 BC
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	4.35 BC
kontrol, suhu 10°C	5.00 A

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05}=0.39$ )

Lampiran 21a. Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Putih pada Penyimpanan 4 hari

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Panelis	19	28.45	1.498	2.37	.001
Perlakuan kombinasi gas	9	91.60	10.178	16.13	.000
Galat	171	107.90	0.631		

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata

Lampiran 21b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Putih pada Penyimpanan 4 hari

Perlakuan	Rata-rata Skor
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	3.00 C
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	2.95 C
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	2.85 C
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	3.70 E
kontrol, suhu 5°C	4.45 A
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	2.85 C
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	2.30 D
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	2.80 C
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	3.05 C
kontrol, suhu 10°C	4.40 A

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05}=0.50$ )

Lampiran 22a. Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Putih pada Penyimpanan 8 hari

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Panelis	19	8.85	0.466	1.09	.363
Perlakuan kombinasi gas	9	133.10	14.789	34.65	.000
Galat	171	73.00	0.427		

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata

Lampiran 22b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Putih pada Penyimpanan 8 hari

Perlakuan	Rata-rata Skor
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	4.55 BC
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	3.50 D
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	3.80 D
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	4.70 ABC
kontrol, suhu 5°C	4.90 AB
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	2.90 E
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	2.45 F
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	3.75 D
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	4.30 C
kontrol, suhu 10°C	5.00 A

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05}=0.41$ )

Lampiran 23a. Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Putih pada Penyimpanan 12 hari

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	F
Panelis	19	5.08	0.267	0.90	
Perlakuan kombinasi gas	9	35.98	3.998	13.50	.000
Galat	171	50.62	0.296		

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata

Lampiran 23b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Putih pada Penyimpanan 12 hari

Perlakuan	Rata-rata Skor
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	4.55 CD
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	4.15 E
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	4.75 ABC
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	4.90 AB
kontrol, suhu 5°C	5.00 A
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	4.30 DE
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	3.55 F
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	4.55 CD
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	4.65 BC
kontrol, suhu 10°C	5.00 A

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05}=0.34$ )

Lampiran 24. Analisis Ragam dari Perubahan Kekerasan Lobak Merah pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Kombinasi gas (K)	4	191.93	47.983	15.09	.000
Lama penyimpanan (L)	3	952.48	317.495	99.86	.000
K L	12	71.45	5.955	1.87	.068
Suhu penyimpanan (T)	1	325.62	325.624	102.42	.000
K T	4	7.51	1.879	0.59	
L T	3	110.81	36.937	11.62	.000
K L T	12	14.33	1.194	0.38	
Galat	40	127.18	3.179		

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata

Lampiran 25a. Rata-rata dari Perubahan Kekerasan Lobak Merah pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi dengan Sumber Keragaman Suhu Penyimpanan

Suhu penyimpanan (°C)	Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
5	12.65
10	16.68



Lampiran 25b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Perubahan Kekerasan Lobak Merah pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi dengan Sumber Keragaman Kombinasi Gas

Kombinasi gas	Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub>	15.85 AB
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub>	16.44 A
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub>	14.78 BC
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub>	14.28 C
kontrol	11.97 D

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05} = 1.27$ )

Lampiran 25c. Uji Beda Nyata Terkecil dari Perubahan Kekerasan Lobak Merah pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi dengan Sumber Keragaman Lama Penyimpanan

Lama penyimpanan (hari)	Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
0	20.18 A
4	14.75 B
8	12.73 C
12	11.00 D

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05} = 1.14$ )

Lampiran 26. Analisis Ragam dari Perubahan Warna Lobak Merah pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Kombinasi gas (K)	4	979.34	244.835	40.18	.000
Lama penyimpanan (L)	3	1234.36	411.453	67.52	.000
K L	12	401.07	33.423	5.48	.000
Suhu penyimpanan (T)	1	2.48	2.482	0.41	
K T	4	6.81	1.702	0.28	
L T	3	73.09	24.362	4.00	.013
K L T	12	86.07	7.173	1.18	.331
Galat	40	243.74	6.094		

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata

Lampiran 27a. Rata-rata dari Perubahan Warna Lobak Merah pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi dengan Sumber Keragaman Suhu Penyimpanan

Suhu penyimpanan (°C)	Rata-rata nilai $L^*$
5	35.13
10	35.48

Lampiran 27b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Perubahan Warna Lobak Merah pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi dengan Sumber Keragaman Kombinasi Gas

Kombinasi gas	Rata-rata nilai $a^*$
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub>	38.31 A
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub>	39.39 A
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub>	34.32 B
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub>	35.07 B
kontrol	29.44 C

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05} = 1.76$ )

Lampiran 27c. Uji Beda Nyata Terkecil dari Perubahan Warna Lobak Merah pada Penentuan Daerah Udara Termodifikasi dengan Sumber Keragaman Lama Penyimpanan

Lama penyimpanan (hari)	Rata-rata nilai $a^*$
0	40.95 A
4	34.88 B
8	35.55 B
12	29.86 C

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05} = 1.58$ )

Lampiran 28a. Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Merah pada Penyimpanan 4 hari

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Panelis	19	7.50	0.394	1.06	.393
Perlakuan kombinasi gas	9	63.44	7.049	19.00	.000
Galat	171	63.45	0.371		

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata

Lampiran 28b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Merah pada Penyimpanan 4 hari

Perlakuan	Rata-rata Skor
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	3.25 C
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	2.95 CD
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	3.20 C
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	3.65 B
kontrol, suhu 5°C	4.70 A
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	2.80 D
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	2.75 D
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	2.90 CD
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	3.10 CD
kontrol, suhu 10°C	3.75 B

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05}=0.38$ )

Lampiran 29a. Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Merah pada Penyimpanan 8 hari

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Panelis	19	7.57	0.399	0.96	
Perlakuan kombinasi gas	9	78.63	8.736	21.14	.000
Galat	171	70.68	0.413		

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata

Lampiran 29b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Merah pada Penyimpanan 8 hari

Perlakuan	Rata-rata Skor
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	4.25 CD
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	3.40 FG
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	4.60 ABC
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	4.70 AB
kontrol, suhu 5°C	5.00 A
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	3.30 FG
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	3.05 G
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	3.70 EF
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	3.85 DE
kontrol, suhu 10°C	4.40 BC

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05}=0.40$ )

Lampiran 30a. Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Merah pada Penyimpanan 12 hari

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Panelis	19	4.38	0.231	0.78	
Perlakuan kombinasi gas	9	79.98	8.887	30.14	.000
Galat	171	50.42	0.295		

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata

Lampiran 30b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Merah pada Penyimpanan 12 hari

Perlakuan	Rata-rata Skor
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	4.55 C
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	3.50 E
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	4.65 BC
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	4.75 ABC
kontrol, suhu 5°C	5.00 A
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	3.60 E
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	3.10 F
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	3.80 DE
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	4.05 D
kontrol, suhu 10°C	4.90 AB

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05}=0.34$ )

Lampiran 31a. Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Merah pada Penyimpanan 4 hari

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Panelis	19	18.98	0.999	1.83	.022
Perlakuan kombinasi gas	9	106.73	11.858	21.76	.000
Galat	171	93.17	0.545		

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata

Lampiran 31b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Merah pada Penyimpanan 4 hari

Perlakuan	Rata-rata Skor
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	2.85 BCD
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	2.50 D
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	3.20 B
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	3.00 BC
kontrol, suhu 5°C	4.60 A
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	2.80 BCD
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	2.55 CD
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	3.05 B
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	3.05 B
kontrol, suhu 10°C	4.65 A

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05}=0.46$ )



Lampiran 32a. Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Merah pada Penyimpanan 8 hari

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Panelis	19	17.10	0.900	1.59	.062
Perlakuan kombinasi gas	9	112.25	12.472	22.06	.000
Galat	171	96.65	0.565		

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata

Lampiran 32b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Merah pada Penyimpanan 8 hari

Perlakuan	Rata-rata Skor	
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	2.45	E
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	2.55	E
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	3.75	BC
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	3.90	B
kontrol, suhu 5°C	4.65	A
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	3.30	CD
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	3.05	D
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	3.20	D
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	3.30	CD
kontrol, suhu 10°C	4.80	A

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05}=0.47$ )

Lampiran 33a. Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Merah pada Penyimpanan 12 hari

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Panelis	19	6.89	0.363	0.71	
Perlakuan kombinasi gas	9	92.44	10.272	20.04	.000
Galat	171	87.66	0.513		

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata

Lampiran 33b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Merah pada Penyimpanan 12 hari

Perlakuan	Rata-rata Skor
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	3.80 C
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	3.45 CD
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	4.55 B
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 5°C	4.65 AB
kontrol, suhu 5°C	5.00 A
2±1% O <sub>2</sub> dan 3±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	3.35 D
6±1% O <sub>2</sub> dan 7±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	3.10 D
11±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	3.30 D
2±1% O <sub>2</sub> dan 12±1% CO <sub>2</sub> , suhu 10°C	3.85 C
kontrol, suhu 10°C	4.90 AB

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05}=0.45$ )

### Lampiran 34. Perhitungan Koefisien Permeabilitas Film Kemasan

Diketahui :

Film kemasan yang digunakan	: Polietilen densitas rendah
Komoditi yang dikemas	: Lobak putih pada 10°C
Berat komoditi yang dikemas (W)	: 0.60 kg
Konsentrasi kesetimbangan CO <sub>2</sub> (xe <sub>2</sub> )	: 7.1%
Konsentrasi kesetimbangan O <sub>2</sub> (xe <sub>1</sub> )	: 1.7%
Tebal film kemasan (b)	: 1 mil
Luas permukaan film kemasan (A)	: 0.024 m <sup>2</sup>
Laju produksi CO <sub>2</sub> (R <sub>2</sub> )	: 8.55 ml-kg/jam
Laju konsumsi O <sub>2</sub> (R <sub>1</sub> )	: 6.44 ml-kg/jam

Pemecahan :

$$P_1 = \frac{W R_1 b}{(c_1 - x_{e1}) A} = \frac{0.5 \times 6.44 \times 1}{(0.21 - 0.017) \times 0.024} = 834$$

$$P_2 = \frac{W R_2 b}{(x_{e2} - c_2) A} = \frac{0.5 \times 8.55 \times 1}{(0.071 - 0.0003) \times 0.024} = 3023$$

Jadi

koefisien permeabilitas terhadap O<sub>2</sub> = 834 ml-mil/m<sup>2</sup>-jam

koefisien permeabilitas terhadap CO<sub>2</sub> = 3023 ml-mil/m<sup>2</sup>-jam

Lampiran 35a. Analisis Ragam dari Perubahan Kekerasan Lobak Putih pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Jenis film kemasan	2	420.3775	210.19	4.38	.047
Galat	9	432.1763	48.02		
Total	11	852.5538			

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata

Lampiran 35b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Perubahan Kekerasan Lobak Putih pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari

Jenis film kemasan	Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
Polietilen densitas rendah	47.60 A
Polipropilen	41.67 AB
Stretch film	33.18 B

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05} = 12.49$ )

Lampiran 36a. Analisis Ragam dari Perubahan Warna Lobak Putih pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Jenis film kemasan	2	26.9030	13.45	9.75	.005
Galat	9	12.4154	1.38		
Total	11	39.3183			

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata

Lampiran 36b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Perubahan Warna Lobak Putih pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari

Jenis film kemasan	Rata-rata nilai $L^*$
Polietilen densitas rendah	74.00 A
Polipropilen	72.58 A
Stretch Film	70.36 B

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05} = 1.88$ )

Lampiran 37a. Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Putih pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Panelis	19	11.93	0.628	1.42	.173
Jenis film kemasan	2	7.90	3.950	8.95	.000
Galat	38	16.77	0.441		

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata

Lampiran 37b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Putih pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari

Jenis film kemasan	Rata-rata Skor
Polietilen densitas rendah	3.35 B
Polipropilen	3.55 B
Stretch film	4.20 A

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05} = .43$ )

Lampiran 38a. Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Putih pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Panelis	19	6.67	0.351	0.42	
Jenis film kemasan	2	9.03	4.517	5.43	.008
Galat	38	31.63	0.832		

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata

Lampiran 38b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Putih pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari

Jenis film kemasan	Rata-rata Skor
Poliethilen densitas rendah	3.20 B
Polipropilen	3.65 AB
Stretch film	4.15 A

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05} = .58$ )



Lampiran 39a. Analisis Ragam dari Perubahan Kekerasan Lobak Merah pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Jenis film kemasan	2	56.0227	28.01	39.09	.000
Galat	9	6.4490	0.72		
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>62.4717</b>			

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata

Lampiran 39b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Perubahan Kekerasan Lobak Merah pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari

Jenis film kemasan	Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
Polietilen densitas rendah	14.56 B
Polipropilen	18.24 A
White Stretch film	13.11 C

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05} = 1.36$ )

Lampiran 40a. Analisis Ragam dari Perubahan Warna Lobak Merah pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Jenis film kemasan	2	88.1011	44.05	9.87	.005
Galat	8	40.1697	4.46		
Total	11	128.2707			

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata

Lampiran 40b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Perubahan Warna Lobak Merah pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari

Jenis film kemasan	Rata-rata
	nilai $s^*$
Polietilen densitas rendah	33.88 B
Polipropilen	37.97 A
White Stretch Film	31.40 B

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05} = 3.38$ )

Lampiran 41a. Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Merah pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Panelis	19	20.27	1.067	2.71	.004
Jenis film kemasan	2	6.40	3.200	8.14	.001
Galat	38	14.93	0.393		

keterangan :  $P < 0.01$  sangat nyata  
 $F < 0.05$  nyata

Lampiran 41b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Kekerasan Lobak Merah pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari

Jenis film kemasan	Rata-rata Skor
Polietilen densitas rendah	3.80 AB
Polipropilen	3.40 B
White stretch film	4.20 A

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05} = 0.40$ )

Lampiran 42a. Analisis Ragam dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Merah pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari

Sumber keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	Fhit	P
Panelis	19	24.32	1.280	3.42	.000
Jenis film kemasan	2	6.43	3.217	8.59	.000
Galat	38	14.23	0.375		

keterangan : P < 0.01 sangat nyata  
P < 0.05 nyata

Lampiran 42b. Uji Beda Nyata Terkecil dari Penilaian Organoleptik terhadap Warna Lobak Merah pada Pemilihan Film Kemasan setelah Dikemas selama 12 hari

Jenis film kemasan	Rata-rata Skor
Polietilen densitas rendah	3.55 A
Polipropilen	3.10 B
White stretch film	3.90 A

keterangan : huruf yang sama pada kolom terakhir berarti tidak berbeda nyata ( $BNT_{0.05} = 0.39$ )

Lampiran 43. Program Komputer untuk Menduga Konsentrasi Gas CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> serta Konsentrasi Kesetimbangan dalam Kemasan

```

10 REM *** PROGRAM PENDUGAAN KONSENTRASI GAS DALAM KEMASAN ***
20 CLS
30 INPUT "Permeabilitas film keemasan thd O2 = ";P1
40 INPUT "Permeabilitas film keemasan thd CO2 = ";P2
50 INPUT "Laju konsumsi O2 (R1) = ";R1
60 INPUT "Laju produksi CO2 (R2) = ";R2
70 INPUT "Luas permukaan film kemasan (A) = ";A
80 INPUT "Tebal film kemasan (b) = ";B
90 INPUT "Berat komoditi yang dikemas (W) = ";W
100 INPUT "Volume wadah untuk kemasan = ";VOL
110 INPUT "Volume jenis komoditi yang dikemas = ";VJ
120 V=VOL-W*VJ
130 XE1= (.21-B*W*R1/(P1*A)):E1=XE1*100
140 XE2=(.03/100+B*W*R2/(P2*A)):E2=XE2*100
150 CLS
160 PRINT TAB(5);"PENDUGAAN KONSENTRASI GAS DALAM KEMASAN"
170 PRINT
-----
180 PRINT TAB(4);"Waktu";TAB(23);"X1";TAB(43);"X2"
190 PRINT TAB(4);"(jam)";TAB(23);"(%)" ;TAB(43);"(%)"
200 PRINT
-----
210 FOR T=0 TO 500 STEP 12
220 DEF FN X1(T)=XE1+(.21-XE1)*EXP(-P1*A*T/(B*V))
230 DEF FN X2(T)=XE2+(.03/100-XE2)*EXP(-P2*A*T/(B*V))
240 X1=FN X1(T)*100
250 X2=FN X2(T)*100
260 IF (X1-E1)<=.1 AND (X2-E2)<=.1 THEN 290
270 PRINT TAB(7);T;TAB(26);X1;TAB(46);X2
280 NEXT T
290 PRINT
-----
300 PRINT :PRINT
310 PRINT "Xe1= ";E1;" %"
320 PRINT "Xe2 =";E2;" %"
330 END

```

## DAFTAR PUSTAKA

- Biro Pusat Statistik. 1989. Survei pertanian : Produksi Sayuran di Indonesia, bagian I. BPS, Jakarta.
- Deily, K.R. and S.S. Rivzi. 1981. Optimization of parameters for packaging of fresh peaches in polymeric films. *J. Food Process Eng.* 5: 23-41.
- Direktorat Bina Produksi Hortikultura. 1992. Anjuran Teknologi Penanganan Pasca Panen Hasil Hortikultura T.A. 1991/1992. Jakarta.
- Do, J.Y. dan Salunkhe. 1986. Penyimpanan dengan Udara Terkendali, Pertimbangan-pertimbangan Biokimia. dalam Er. B. Pantastico (ed.). *Fisiologi Pasca Panen, Penanganan dan Pemanfaatan Buah-buahan dan Sayur-sayuran Tropika dan Subtropika*. UGM Press, Yogyakarta.
- Gunadnya, Ida Bagus Putu. 1993. Pengkajian Penyimpanan Salak Segar (*Salacca edulis Reinw.*) dalam Kemasan Film dengan *Modified Atmosphere*. Thesis. Fakultas Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Hall, C.W., R.E. Hardenburg dan Er. B. Pantastico. 1986. Pengemasan untuk Konsumen dengan Plastik. dalam Er. B. Pantastico (ed.). *Fisiologi Pasca Panen, Penanganan dan Pemanfaatan Buah-buahan dan Sayur-sayuran Tropika dan Subtropika*. UGM Press, Yogyakarta.
- Hayakawa. K.Y., Y.S. Henig and S.G. Gilbert. 1975. Formulae for predicting gas exchange of fresh produce in polymeric film package. *J. Food Sci.* 40:186.
- Mannapperuma, Jatal D., R. Paul Singh, Marta E. Montero. 1988. Simultaneous gas diffusion and chemical reaction in foods stored in modified atmosphere. Paper. The Summer National Meeting of AISHE. Denver, August 21-24, 1988.
- \_\_\_\_\_, D. Zagory, R. Paul Singh and A.A. Kader. 1989. Design of polymeric packages for modified atmosphere storage of fresh produce. *Proceeding 5<sup>th</sup> Int. CA Research Conf.* Wenatchee, WA, June 14-16, 1989.



- Matto, A.K., T. Murata, Er. B. Pantastico, K. Chachin, K. Ogata dan C.T. Phan. 1986. Perubahan-perubahan Kimiawi selama Pematangan dan Penuaan, Fisiologi Pasca Panen. dalam Er. B. Pantastico (ed.). Fisiologi Pasca Panen, Penanganan dan Pemanfaatan Buah-buahan dan Sayur-sayuran Tropika dan Subtropika. UGM Press, Yogyakarta.
- Pantastico, Er.B. 1986. Fisiologi Pasca Panen, Penanganan dan Pemanfaatan Buah-buahan dan Sayur-sayuran Tropika dan Subtropika. Terjemahan Kamaryani. UGM Press, Yogyakarta.
- Purwadaria, H.K. dan Ida Bagus Putu Gunadnya. 1992. *Modified Atmosphere Packaging* (MAP) untuk buah-buahan dan sayuran. Makalah. Seminar Fruit and Vegetable Handling and Processing, PAU Pangan dan Gizi, IPB, 21 November 1992.
- Purwadaria, H.K., Yang Yang Setiawan, Momon Rusmono. 1990. Simulasi Model Pendugaan Masa Simpan Tomat Segar dalam Sistem Penyimpanan *Modified Atmosphere*. Laporan Penelitian. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Phan, C.T., Er. B. Pantastico, K. Ogata dan K. Chachin. 1986. Respirasi dan Puncak Respirasi, Fisiologi Pasca Panen. dalam Er. B. Pantastico (ed.). Fisiologi Pasca Panen, Penanganan dan Pemanfaatan Buah-buahan dan Sayur-sayuran Tropika dan Subtropika. UGM Press, Yogyakarta.
- Sudjana. 1988. Disain dan Analisis Eksperimen. Penerbit Tarsito, Bandung.
- Syaifullah. 1979. Perlakuan Segar Hasil-Hasil Hortikultura (Sayur-sayuran dan buah-buahan). dalam Proceeding Seminar Teknologi Pangan I. 26 Feb - 1 Maret 1979. Balai Penelitian Kimia, Departemen Perindustrian Bogor, Bogor.
- Tindall, H.D. 1986. Vegetables in The Tropics. ELBS/ Mac-Millan, Hongkong.
- Tomkins, R.G. 1962. The conditions produced in fil packages by fresh fruits and vegetables and the effect of these conditions on storage life. J.appl. Bact. 25(2):290.



Ulrich, R. 1986. Pertimbangan Fisiologis dan Praktis. dalam Er. B. Pantastico (ed.). Fisiologi Pasca Panen, Penanganan dan Pemanfaatan Buah-buahan dan Sayur-sayuran Tropika dan Subtropika. UGM Press, Yogyakarta.

Varsanyi, I. 1986. Permeability of Polymers in Food Packaging. dalam Mathhlouthi (ed.). Food Packaging and Preservation. Elsevier Applied Science Publishers. London.

Winarno, F.G. dan M. Aman Wirakartakusumah. 1981. Fisiologi Lepas Panen. Penerbit Sastra Hudaya, Jakarta.