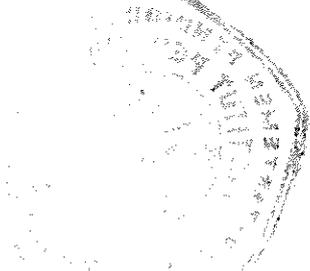




F/TPG/1992/063
#

MEMPELAJARI PENGARUH "MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING" TERHADAP MASA SIMPAN ALPUKAT (*Persea americana*, Mill)



Oleh
FX EKO SUDARMINTO
F 24. 0704



1 9 9 2
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
B O G O R

FX EKO SUDARMINTO. F 24.0704. Mempelajari Pengaruh "Modified Atmosphere Packaging" terhadap Alpukat (*Persea americana*, Mill). Di bawah bimbingan F.G. Winarno dan Sugiyono

RINGKASAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh penyimpanan modifikasi atmosfer terhadap buah alpukat, dengan menggunakan kemasan plastik fleksibel, serta pendugaan komposisi gas O_2 dan CO_2 selama penyimpanan.

Bahan utama yang dipakai dalam penelitian ini adalah alpukat (*Persea americana*, Mill) yang terdiri dari tiga varietas yaitu Fuerte (lokal: Kodok), West Indian dan Guatemala.

Varietas Fuerte (lokal: Kodok) diperoleh dari Cikurrai, Bogor; varietas West Indian diperoleh dari Padjajaran, Bogor dan varietas Guatemala diperoleh dari Garut.

Bahan lain yang dipergunakan adalah lima jenis kemasan plastik poly vinyl chloride (PVC/Argha Kar-ya) 25 μm , PVC (Filmco Int. Ltd.) 12.5 μm , poly etilene (PE) 25 μm , poly etilene (PE) 35 μm , poly propilene (PP) 29 μm . Mangkuk/wadah styrofoam, selang plastik, vaselin, lilin, ring sekrup, lem plastik.

Penelitian ini terdiri dari tiga tahap, yaitu pengukuran laju respirasi buah alpukat, penentuan konsentrasi gas O_2 dan CO_2 optimum, pemilihan jenis film kemasan dan pendugaan konsentrasi keseimbangan dengan model kemasan.

Pada suhu $15^{\circ}C$, untuk varietas Fuerte konsentrasi O_2 berubah secara linier dengan persamaan regresi $[O_2](cc/kg)$

= 2199.470 - 8.89036 t, sedangkan konsentrasi CO₂ dengan persamaan regresi [CO₂] (cc/kg) = 3.146186 + 20.09595 t

Varietas West Indian konsentrasi O₂ berubah secara linier dengan persamaan regresi [O₂](cc/kg) = 2044.188 - 8.5 t, konsentrasi CO₂ berubah dengan persamaan regresi [CO₂](cc/kg) = 2.622887 + 22.28505 t

Varietas Guatemala konsentrasi O₂ berubah secara linier dengan persamaan regresi [O₂](cc/kg) = 2069.674 - 8.50228 t, konsentrasi CO₂ berubah secara linier dengan persamaan regresi [CO₂](cc/kg) = 2.929252 + 23.09993 t

Laju respirasi varietas Fuerte pada suhu 15°C adalah 8.8903 cc/kg.jam untuk konsumsi O₂ dan 20.0959 cc/kg.jam untuk produksi CO₂, varietas West Indian 8.1978 cc/kg.jam untuk O₂ dan 22.2850 cc/kg.jam untuk CO₂ sedang varietas Guatemala 8.5023 cc/kg.jam untuk O₂ dan 23.0999 cc/kg.jam untuk CO₂.

Kekerasan, kadar air dan berat jenis mengalami penurunan, sedang susut bobot, kadar lemak, persentase kerusakan dan nilai pH mengalami kenaikan. Konsentrasi O₂ dan CO₂ optimum untuk penyimpanan alpukat untuk ketiga varietas yaitu Fuerte, West Indian dan Guatemala adalah 3 - 5% O₂ dan 6 - 10% CO₂.

Alpukat pada kondisi penyimpanan udara normal hanya dapat bertahan selama 5 - 8 hari, dengan kondisi penyimpanan 3 - 5% O₂ dan 6 - 10% CO₂ pada suhu 15°C dapat diperpanjang hingga 28 - 30 hari.

Permeabilitas film kemasan untuk varietas Fuerte untuk O₂ adalah 910.3600 - 1024.1550 cc/m².jam, terhadap

INSTITUT PERTANIAN BOGOR
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

MEMPELAJARI PENGARUH "MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING"
TERHADAP MASA SIMPAN ALPUKAT (*Persea americana*, Mill)

S K R I P S I

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

pada Jurusan **TEKNOLOGI PANGAN DAN GIZI**,

Fakultas Teknologi Pertanian

Institut Pertanian Bogor

Oleh

FX EKO SUDARMINTO

F 24.0704

Dilahirkan pada tanggal 4 Desember 1968

di Kebun

Tanggal lulus :

1992

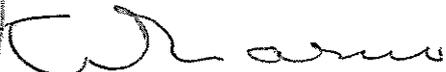
Disetujui

Bogor, 30 April 1992



Ir. Sugiyono

Dosen Pembimbing II



Prof. Dr. F.G. Winarno

Dosen Pembimbing I

Halaman ini adalah bagian dari dokumen yang diterbitkan oleh Institut Pertanian Bogor. Dokumen ini adalah milik Institut Pertanian Bogor dan tidak boleh disebarluaskan atau digunakan untuk tujuan lain tanpa izin dari Institut Pertanian Bogor.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadapan Tuhan atas rahmat yang dilimpahkan-Nya selama melakukan penelitian hingga selesai penyusunan skripsi ini.

Dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. F.G. Winarno, selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan bantuan hingga tersusunnya skripsi ini.
2. Ir. Sugiyono, selaku dosen pembimbing II yang telah banyak membantu dan memberikan pengarahan selama melakukan penelitian.
3. Dr. Ir. Yadi Haryadi, MSc., selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak, ibu dan adik-adik serta Rita, yang telah banyak membantu dan mendorong penulis selama penelitian hingga selesai penulisan skripsi.
5. Seluruh staf dan karyawan laboratorium kimia dan pilot plan Pusat Antar Universitas (PAU-IPB), Pusbangtepa, dan laboratorium kimia jurusan TPG yang telah membantu kelancaran penelitian penulis.

Penulis menyadari skripsi ini mempunyai kelebihan dan kekurangan, oleh sebab itu saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan. Semoga skripsi ini bermanfaat.

Bogor, Pebruari 1992

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|---------|
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR ISI | iv |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| DAFTAR TABEL | x |
| DAFTAR LAMPIRAN | xi |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| A. BOTANI | 4 |
| B. KARAKTERISTIK BUAH | 7 |
| C. SIFAT DAN KARAKTERISTIK PERNAPASAN BUAH | 9 |
| D. PENGEMASAN "MODIFIED ATMOSPHERE" DALAM KEMASAN PLASTIK | 11 |
| E. PENDUGAAN KONSENTRASI O ₂ DAN CO ₂ KESETIMBANGAN DALAM KEMASAN | 17 |
| III. METODOLOGI PENELITIAN | 22 |
| A. BAHAN DAN ALAT | 22 |
| a. Bahan | 22 |
| b. Alat | 22 |
| B. METODA PENELITIAN | 24 |
| 1. Pengukuran Laju Respirasi..... | 24 |
| 2. Penentuan Konsentrasi Gas O ₂ dan CO ₂ Optimum | 25 |
| 3. Penentuan Jenis Film Kemasan dan Pendugaan Konsentrasi Keseimbangan dengan Model Kemasan..... | 27 |

| | |
|---|----|
| C. PERLAKUAN | 30 |
| 1. Varietas | 30 |
| 2. Konsentrasi Gas O ₂ dan CO ₂ | 30 |
| 3. Lama Penyimpanan | 31 |
| D. PENGAMATAN | 31 |
| 1. Kekerasan | 31 |
| 2. Susut Bobot | 32 |
| 3. Kadar Air | 32 |
| 4. Kadar Lemak | 33 |
| 5. Berat Jenis | 34 |
| 6. Derajat Kerusakan | 34 |
| 7. pH | 35 |
| E. RANCANGAN PERCOBAAN | 35 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | 37 |
| A. PENGUKURAN LAJU RESPIRASI BUAH ALPUKAT | 37 |
| B. PENENTUAN KONSENTRASI GAS O ₂ DAN CO ₂ OPTIMUM..... | 40 |
| 1. Pengaruh Konsentrasi O ₂ dan CO ₂ dalam Udara Kemasan terhadap Kekerasan Alpukat | 40 |
| 2. Pengaruh Konsentrasi O ₂ dan CO ₂ dalam Udara Kemasan terhadap Susut Bobot Alpukat | 45 |
| 3. Pengaruh Konsentrasi O ₂ dan CO ₂ dalam Udara Kemasan terhadap Kadar Air Alpukat | 49 |
| 4. Pengaruh Konsentrasi O ₂ dan CO ₂ dalam Udara Kemasan terhadap Kadar Lemak Alpukat | 52 |
| 5. Pengaruh Konsentrasi O ₂ dan CO ₂ dalam Udara Kemasan terhadap Berat Jenis Alpukat | 55 |

Halaman ini adalah bagian dari dokumen yang diterbitkan oleh IPB University. Dokumen ini adalah dokumen resmi yang diterbitkan oleh IPB University. Dokumen ini adalah dokumen resmi yang diterbitkan oleh IPB University. Dokumen ini adalah dokumen resmi yang diterbitkan oleh IPB University.

| | |
|--|----|
| 6. Pengaruh Konsentrasi O ₂ dan CO ₂ dalam Udara Kemasan terhadap Persentase Kerusakan Alpukat | 57 |
| 7. Pengaruh Konsentrasi O ₂ dan CO ₂ dalam Udara Kemasan terhadap pH Alpukat | 60 |
| 8. Pengaruh Konsentrasi O ₂ dan CO ₂ dalam Udara Kemasan terhadap Kondisi Visual Buah Alpukat | 62 |
| C. PENENTUAN JENIS FILM KEMASAN | 65 |
| V. KESIMPULAN DAN SARAN | 75 |
| A. KESIMPULAN | 75 |
| B. SARAN | 76 |
| DAFTAR PUSTAKA | 77 |
| LAMPIRAN | 80 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 1. Penampang melintang buah alpukat | 7 |
| Gambar 2. Mekanisme proses pernapasan buah dalam film kemasan | 18 |
| Gambar 3. Alpukat varietas Fuerte (Kodok), varietas West Indian dan varietas Guatemala | 23 |
| Gambar 4. Bagan pengukuran respirasi alpukat | 25 |
| Gambar 5. Bagan penentuan konsentrasi O_2 dan CO_2 optimum penyimpanan alpukat | 26 |
| Gambar 6. Bagan pendugaaan konsentrasi kesetim-bangan gas O_2 dan CO_2 dalam kemasan | 29 |
| Gambar 7. Perubahan konsentrasi O_2 , CO_2 dan grafik hasil regresi perubahan konsentrasi O_2 , CO_2 untuk varietas Fuerte | 38 |
| Gambar 8. Perubahan konsentrasi O_2 , CO_2 dan grafik hasil regrasi perubahan konsentrasi O_2 , CO_2 untuk varietas West Indian | 38 |
| Gambar 9. Perubahan konsentrasi O_2 , CO_2 dan grafik hasil regresi perubahan konsentrasi O_2 , CO_2 untuk varietas Guatemala | 39 |
| Gambar 10a. Grafik hubungan kekerasan, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varitas Fuerte | 42 |
| Gambar 10b. Grafik hubungan kekerasan, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varitas West Indian | 43 |
| Gambar 10c. Grafik hubungan kekerasan, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varitas Guatemala | 43 |
| Gambar 11a. Grafik hubungan susut bobot, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varitas Fuerte | 47 |

| | |
|--|----|
| Gambar 11b. Grafik hubungan susut bobot, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas West Indian | 47 |
| Gambar 11c. Grafik hubungan susut bobot, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas Guatemala | 48 |
| Gambar 12a. Grafik hubungan kadar air, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas Fuerte | 50 |
| Gambar 12b. Grafik hubungan kadar air, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas West Indian | 51 |
| Gambar 12c. Grafik hubungan kadar air, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas Guatemala | 51 |
| Gambar 13a. Grafik hubungan kadar lemak, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas Fuerte | 53 |
| Gambar 13b. Grafik hubungan kadar lemak, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas West Indian | 54 |
| Gambar 13c. Grafik hubungan kadar lemak, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas Guatemala | 54 |
| Gambar 14a. Grafik hubungan berat jenis, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas Fuerte | 56 |
| Gambar 14b. Grafik hubungan berat jenis, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas West Indian | 56 |
| Gambar 14c. Grafik hubungan berat jenis, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas Guatemala | 57 |
| Gambar 15a. Grafik hubungan persentase kerusakan, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas Fuerte | 58 |
| Gambar 15b. Grafik hubungan persentase kerusakan, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas West Indian | 59 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 15c. | Grafik hubungan persentase kerusakan, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas Guatemala | 59 |
| Gambar 16a. | Grafik hubungan pH, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas Fuerte | 61 |
| Gambar 16b. | Grafik hubungan pH, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas West Indian | 61 |
| Gambar 16c. | Grafik hubungan pH, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas Guatemala | 62 |
| Gambar 17a. | Grafik perubahan konsentrasi O ₂ dan CO ₂ hasil dugaan dan hasil pengukuran untuk varietas Fuerte | 73 |
| Gambar 17b. | Grafik perubahan konsentrasi O ₂ dan CO ₂ hasil dugaan dan hasil pengukuran untuk varietas West Indian | 74 |
| Gambar 17c. | Grafik perubahan konsentrasi O ₂ dan CO ₂ hasil dugaan dan hasil pengukuran untuk varietas Guatemala | 74 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|---------|
| Tabel 1. Perkembangan luas panen dan produksi alpukat di Indonesia dari tahun 1984 hingga 1988 | 2 |
| Tabel 2. Syarat mutu buah alpukat | 8 |
| Tabel 3. Data hasil pengukuran berat alpukat (kg), volume bebas (cc) dan luas permukaan transmisi gas (m ²) | 66 |
| Tabel 4. Data perhitungan permeabilitas film kemasan terhadap O ₂ dan CO ₂ yang dibutuhkan untuk berbagai varietas | 68 |
| Tabel 5. Permeabilitas terhadap O ₂ dan CO ₂ beberapa jenis kemasan plastik | 69 |
| Tabel 6. Hasil pengamatan pengembunan uap air di permukaan kemasan | 70 |
| Tabel 7. Laju trasmisi uap air dan ketebalan film beberapa jenis kemasan plastik | 70 |
| Tabel 8. Hasil pengamatan konsentrasi O ₂ dan CO ₂ yang dikemas dengan "PVC Green Produce Wrap" | 71 |
| Tabel 9. Hasil pendugaan konsentrasi O ₂ dan CO ₂ yang dikemas dengan "PVC Green Produce Wrap" | 72 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | | Halaman |
|----------|--|---------|
| Lampiran | 1. Rekapitulasi data hasil penelitian analisa terhadap alpukat | 81 |
| Lampiran | 2a. Analisa sidik ragam terhadap kekerasan..... | 82 |
| Lampiran | 2b. Uji Duncan pengaruh varietas terhadap kekerasan | 82 |
| Lampiran | 2c. Uji Duncan pengaruh komposisi gas terhadap kekerasan | 82 |
| Lampiran | 2d. Uji Duncan pengaruh lama penyimpanan terhadap kekerasan | 82 |
| Lampiran | 3a. Uji Duncan pengaruh interaksi varitas dan komposisi gas terhadap kekerasan | 83 |
| Lampiran | 3b. Uji Duncan pengaruh interaksi varitas dan lama penyimpanan terhadap kekerasan | 83 |
| Lampiran | 4a. Uji Duncan pengaruh interaksi komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap kekerasan | 84 |
| Lampiran | 5a. Uji Duncan pengaruh interaksi varitas, komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap kekerasan | 85 |
| Lampiran | 6a. Analisa sidik ragam terhadap susut bobot | 86 |
| Lampiran | 6b. Uji Duncan pengaruh varitas terhadap susut bobot | 86 |
| Lampiran | 6c. Uji Duncan pengaruh komposisi gas terhadap susut bobot | 86 |
| Lampiran | 6d. Uji Duncan pengaruh lama penyimpanan terhadap susut bobot | 86 |
| Lampiran | 7a. Uji Duncan pengaruh interaksi varitas dan komposisi gas terhadap susut bobot | 87 |

| | | |
|---------------|--|----|
| Lampiran 7b. | Uji Duncan pengaruh interaksi komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap susut bobot | 87 |
| Lampiran 8a. | Uji Duncan pengaruh interaksi komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap susut bobot | 88 |
| Lampiran 9a. | Uji Duncan pengaruh interaksi varitas, komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap susut bobot | 89 |
| Lampiran 10a. | Analisa sidik ragam terhadap kadar air | 90 |
| Lampiran 10b. | Uji Duncan pengaruh varitas terhadap kadar air | 90 |
| Lampiran 10c. | Uji Duncan pengaruh komposisi gas terhadap kadar air | 90 |
| Lampiran 10d. | Uji Duncan pengaruh lama penyimpanan terhadap kadar air | 90 |
| Lampiran 11a. | Uji Duncan pengaruh interaksi varitas dan komposisi gas terhadap kadar air | 91 |
| Lampiran 11b. | Uji Duncan pengaruh interaksi varitas dan lama penyimpanan terhadap kadar air | 91 |
| Lampiran 12a. | Uji Duncan pengaruh interaksi komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap kadar air | 92 |
| Lampiran 13a. | Uji Duncan pengaruh interaksi varitas, komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap kadar air | 93 |
| Lampiran 14a. | Analisa sidik ragam terhadap kadar lemak | 94 |
| Lampiran 14b. | Uji Duncan pengaruh varitas terhadap kadar lemak | 94 |
| Lampiran 14c. | Uji Duncan pengaruh komposisi gas terhadap kadar lemak | 94 |
| Lampiran 14d. | Uji Duncan pengaruh lama penyimpanan terhadap kadar lemak | 94 |

Hal-hal yang terdapat dalam buku ini merupakan hak cipta dari IPB University dan tidak boleh diperjualbelikan atau dipinjamkan kepada pihak lain tanpa izin dari IPB University.

| | | |
|---------------|--|-----|
| Lampiran 15a. | Uji Duncan pengaruh interaksi varitas dan komposisi gas terhadap kadar lemak | 95 |
| Lampiran 15b. | Uji Duncan pengaruh interaksi varitas dan lama penyimpanan terhadap kadar lemak | 95 |
| Lampiran 16a. | Uji Duncan pengaruh interaksi komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap kadar lemak | 96 |
| Lampiran 17a. | Uji Duncan pengaruh interaksi varitas, komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap kadar lemak | 97 |
| Lampiran 18a. | Analisa sidik ragam terhadap berat jenis | 98 |
| Lampiran 18b. | Uji Duncan pengaruh varitas terhadap berat jenis | 98 |
| Lampiran 18c. | Uji Duncan pengaruh komposisi gas terhadap berat jenis | 98 |
| Lampiran 18d. | Uji Duncan pengaruh lama penyimpanan terhadap berat jenis | 98 |
| Lampiran 19a. | Uji Duncan pengaruh interaksi varitas dan komposisi gas terhadap berat jenis | 99 |
| Lampiran 19b. | Uji Duncan pengaruh interaksi varitas dan lama penyimpanan terhadap berat jenis | 99 |
| Lampiran 20a. | Uji Duncan pengaruh interaksi komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap berat jenis | 100 |
| Lampiran 21a. | Uji Duncan pengaruh interaksi varitas, komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap berat jenis | 101 |
| Lampiran 22a. | Analisa sidik ragam terhadap persentase kerusakan | 102 |
| Lampiran 22b. | Uji Duncan pengaruh varitas terhadap persentase kerusakan | 102 |
| Lampiran 22c. | Uji Duncan pengaruh komposisi gas terhadap persentase kerusakan | 102 |



| | | |
|---------------|--|-----|
| Lampiran 23a. | Uji Duncan pengaruh lama penyimpanan terhadap persentase kerusakan | 103 |
| Lampiran 23b. | Uji Duncan pengaruh interaksi varitas dan komposisi gas terhadap persentase kerusakan | 103 |
| Lampiran 23c. | Uji Duncan pengaruh interaksi varitas dan lama penyimpanan terhadap persentase kerusakan | 103 |
| Lampiran 24a. | Uji Duncan pengaruh interaksi komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap persentase kerusakan | 104 |
| Lampiran 25a. | Uji Duncan pengaruh interaksi varitas, komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap persentase kerusakan | 105 |
| Lampiran 26a. | Analisa sidik ragam terhadap pH | 106 |
| Lampiran 26b. | Uji Duncan pengaruh varitas terhadap pH | 106 |
| Lampiran 26c. | Uji Duncan pengaruh komposisi gas terhadap pH | 106 |
| Lampiran 26d. | Uji Duncan pengaruh lama penyimpanan terhadap pH | 106 |
| Lampiran 27a. | Uji Duncan pengaruh interaksi varitas dan komposisi gas terhadap pH | 107 |
| Lampiran 27b. | Uji Duncan pengaruh interaksi varitas dan lama penyimpanan terhadap pH | 107 |
| Lampiran 28a. | Uji Duncan pengaruh interaksi komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap pH | 108 |
| Lampiran 29a. | Uji Duncan pengaruh interaksi varitas, komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap pH | 109 |
| Lampiran 30. | Hasil pengamatan visual penyimpanan alpukat | 110 |
| Lampiran 31. | Gambar penampakan ketiga varitas alpukat setelah 28 hari penyimpanan .. | 112 |
| Lampiran 32. | Program pendugaan konsentrasi O ₂ dan CO ₂ dalam kemasan dengan pendekatan matematis | 114 |

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris yang mempunyai berbagai macam komoditas pertanian yang berpotensi untuk diekspor maupun untuk konsumsi dalam negeri. Hasil pertanian itu adalah biji-bijian, palawija dan komoditas hortikultura.

Buah-buahan mempunyai potensi ekonomi yang cukup tinggi dan umumnya dikonsumsi sebagai buah segar, oleh karena itu mutu dan kesegaran buah perlu dipertahankan sehingga dapat menghasilkan nilai jual yang tinggi.

Di daerah tropis, buah dan sayuran cepat sekali mengalami kerusakan setelah dipanen. Kerusakan ini terutama disebabkan oleh kelainan fisiologis, kerusakan mekanis, serta gangguan hama dan penyakit. Diperkirakan tingkat kerusakan pasca panen buah dan sayuran berkisar dari 22 hingga 78 persen (FAO, 1981).

Alpukat merupakan salah satu jenis buah yang berpotensi di Indonesia. Produksi alpukat pada tahun 1988 mengalami kenaikan 42.04% selama 4 tahun terakhir. Tabel 1 menunjukkan luas panen dan jumlah produksi buah alpukat di Indonesia dari tahun 1984 hingga 1988.

Buah alpukat setelah dipanen masih melangsungkan proses respirasi dan metabolisme. Selama melangsungkan proses ini dikeluarkan CO_2 dan air serta dikonsumsi O_2 yang ada disekitarnya. Selain itu, alpukat akan mengalami proses pematangan dan diikuti dengan cepat oleh

proses kerusakan. Kecepatan kerusakan tergantung dari suhu penyimpanan, serta komposisi O₂ dan CO₂ udara lingkungannya.

Tabel 1. Perkembangan luas panen dan produksi buah alpukat di Indonesia dari tahun 1984 hingga 1988

| Tahun | Luas Panen (ha) | Produksi (ton) |
|-------|-----------------|----------------|
| 1984 | 16 897 | 58 097 |
| 1985 | 20 030 | 62 820 |
| 1986 | 20 816 | 72 234 |
| 1987 | 22 543 | 71 530 |
| 1988 | 20 366 | 82 520 |

Sumber : Direktorat Jendral Pertanian Tanaman Pangan (1989)

Alpukat merupakan buah yang cepat rusak, karena mengalami proses yang cepat pada fase pematangan, yang disebut bersifat klimakterik.

Tingkat keberhasilan penyimpanan tergantung dari cara mengurangi kerusakan atau dengan cara memperlambat atau mencegah proses kerusakan tersebut. Cara-cara penanganan pasca panen yang baik dan hati-hati serta penyimpanan yang khusus diperlukan untuk menjaga agar komoditas tersebut tetap baik.

Salah satu cara untuk menghambat atau menunda proses pematangan dan kerusakan buah alpukat adalah penyimpanan pada suhu rendah yang dikombinasikan dengan teknik penyimpanan modifikasi atmosfer, yaitu sistem penyimpanan dengan mengatur komposisi udara dalam ruang penyimpanan sehingga berbeda dengan komposisi udara biasa. Teknik penyimpanan dengan modifikasi atmosfer

akan lebih ekonomis dengan menggunakan kemasan plastik yang mengendalikan keadaan lingkungan kemasan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh penyimpanan modifikasi atmosfer terhadap buah alpukat, dengan menggunakan kemasan plastik fleksibel, serta pendugaan komposisi gas O_2 dan CO_2 selama penyimpanan.



II. TINJAUAN PUSTAKA

A. BOTANI

Alpukat adalah jenis tanaman yang termasuk famili *Lauraceae*. Nama botanis dari buah alpukat ini *Persea americana*, Mill (Rismunandar, 1986).

Alpukat merupakan tanaman hortikultura yang dapat tumbuh di daerah yang agak kering dan juga daerah basah. Tanah yang dikehendaki agar pohon alpukat dapat tumbuh dengan baik adalah tanah yang gembur yang memungkinkan adanya aerasi atau peredaran udara dengan pH antara 5.0 sampai 6.5.

Pohon alpukat yang tumbuh langsung dari biji mencapai ketinggian lebih dari 20 meter. Pohon yang diperbanyak melalui okulasi pertumbuhannya agak kurang tinggi. Daun alpukat berbentuk tunggal tersusun dalam bentuk spiral. Pucuk daun alpukat ada yang berwarna hijau muda hingga kemerah-merahan. Bunga alpukat dibentuk pada akhir ranting dengan bentuk malai yang berjenis kelamin dua. Persarian banyak terjadi karena kunjungan lebah.

Musim berbunga alpukat sangat bergantung pada daerah dan jenis alpukat. Biasanya alpukat berbunga dalam bulan April sampai dengan Agustus, dan Oktober sampai November. Alpukat berbuah dari bulan Desember sampai Pebruari dan Mei sampai Juli.

Menurut Rismunandar (1986) tanaman alpukat yang kurang dalam pembentukan akar rambutnya, tidak akan mudah tumbuh dengan baik perakarannya dalam tanah yang padat. Demikian pula di tempat-tempat yang air dalam tanahnya tidak mudah dibuang, atau dimana air tetap menggenang di permukaan. Tanah yang senantiasa banyak mengandung air dan padat mengundang dengan cepat penyakit akar. Pohon alpukat tampak sedikit demi sedikit merana karena adanya serangan penyakit *Pytophthora cinamoni*.

Alpukat yang ditanam dari biji mulai berbuah pada umur 5 - 6 tahun. Dengan okulasi saat berbuah dapat dipercepat yaitu pada umur 3 - 4 tahun (Rismunandar, 1986).

Menurut Ahmed dan Barmore (1980), terdapat tiga varietas yang diakui sebagai induk yaitu Mexican, Guatemalan dan West Indian.

Tipe Mexico mempunyai daun yang berbau seperti minyak adas. Tangkai buah pendek. Buahnya kecil-kecil bulat dengan berat rata-rata \pm 200 gram. Umur buah 6 - 8 bulan. Biji buahnya tergolong besar. Kulit buahnya tipis dan mudah terkelupas. Daging buahnya mengandung minyak sampai 30%. Berasal dari Mexico (Rismunandar, 1986).

Tipe Guatemala mempunyai bobot buah 0.2 sampai 2.3 kg. Tangkai buah panjang, buah masak 9 hingga 12 bulan. Kulit buahnya tebal, keras dan kasar. Bijinya kecil, daging buahnya berkadar lemak antara 8 - 15%.



Bentuk buahnya bulat telur (ellips). Berasal dari Guatemala dan tidak tahan ditanam di daerah dingin (Rismunandar, 1986).

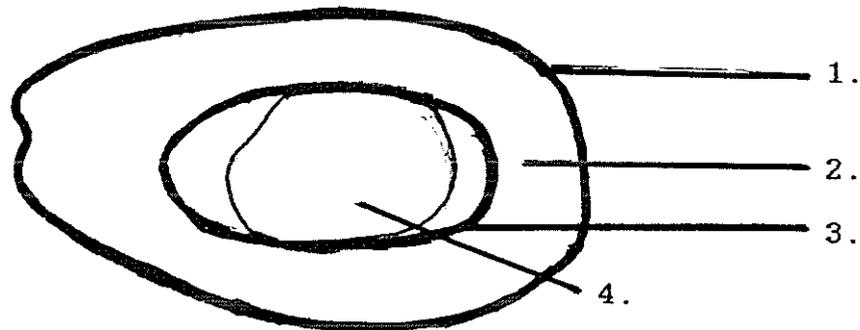
Tipe West Hindia mempunyai bobot buah 0.3 sampai 2.3 kg. Buah masak umur 6 - 9 bulan. Tangkai buah pendek. Kulit buah halus dan agak liat. Bijinya lebih besar dari tipe Guatemala. Daging buahnya berkadar lemak 3 - 10% (Rismunandar, 1986). Berasal dari dataran rendah di Amerika Tengah dan bagian utara Amerika Selatan (Biale dan Young, 1971).

Tipe Fuerte merupakan hybrid yang berasal dari tipe Mexican dan tipe Guatemala, mempunyai kulit agak kasar, bentuk bulat telur (ellips).

Buah alpukat terdiri dari sebuah karp dan sebuah biji. Perikarp yang terdapat di luar biji terdiri dari eksokarp, mesokarp dan endokarp. Bagian luar eksokarp dilindungi oleh lapisan lilin yang tipis. Mesokarp sebagian besar dibentuk oleh sel parenkim yang seragam dengan diameter $\pm 60 \mu\text{m}$ pada buah yang matang. Sel parenkim mengandung sel minyak khusus, dan walaupun sel minyak merupakan butiran kecil, dapat terdeteksi di dalam sel parenkim (Biale dan Young, 1971). Lebih lanjut dinyatakan bahwa endokarp terdiri dari beberapa baris sel parenkim yang menyelubungi biji. Ukuran sel parenkim endokarp lebih kecil daripada sel parenkim mesokarp. Sebuah biji alpukat terdiri dari dua celah kotiledon, plumule, hipokotil, radikal dan dua biji tipis.



Penampang melintang buah alpukat digambarkan sebagai berikut :



Keterangan gambar :

1. Eksokarp
2. Mesokarp
3. Endokarp
4. Biji

Gambar 1. Penampang melintang buah alpukat

B. KARAKTERISTIK BUAH

Buah alpukat sebaiknya dipetik bila sudah cukup tua (mature). Kematangan buah alpukat dapat dilihat dari penampakan kulitnya. Bila masih mengkilap, maka buah masih belum cukup matang walaupun bentuknya sudah cukup besar. Ciri kedua ialah bila buah alpukat yang masih muda diketuk dengan sentilan jari akan terdengar berbunyi nyaring. Ciri ketiga ada kalanya biji alpukat kedengaran terlepas bila buah dikocok sedikit, gejala ini menunjukkan buah sudah cukup matang (Risnandar, 1986).

Menurut Pantastico (1986) tingkat kematangan pada saat pemanenan merupakan hal yang sangat penting untuk penyimpanan yang memuaskan bagi alpukat. Pemetikan

buah yang belum cukup matang harus dihindarkan, oleh karena buah yang belum cukup matang cenderung mempunyai aroma dan tekstur yang kurang baik pada pemasakan (*ripening*).

Menurut Rismunandar (1986) kadar air dari buah alpukat sekitar 87 %, kadar protein antara 0.87 sampai 1.7 %, kadar lemak 4 - 20 %, karbohidrat 1.5 - 2 % dan mineral antara 0.6 - 1.2 %.

Syarat mutu alpukat menurut Direktorat Jenderal Pertanian Tanaman Pangan (1989) terlihat pada Tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. Syarat mutu buah alpukat

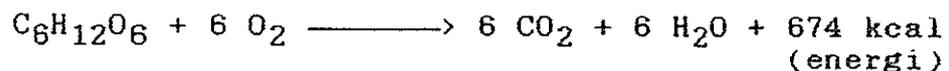
| Karakteristik | syarat mutu | |
|-------------------------|--|-----------------------------------|
| | I | II |
| Kesamaan sifat varietas | seragam | seragam |
| Tingkat kematangan | sudah matang, tapi tidak terlalu masak | sudah matang, tidak terlalu masak |
| Bentuk | normal | kurang normal |
| Kekerasan | keras | keras |
| Ukuran | seragam | seragam |
| Kerusakan maks. (%) | 5 | 10 |
| Busuk maks. (% berat) | 1 | 2 |
| Kotoran | bebas | bebas |

Sumber : Direktorat Jenderal Tanaman Pangan (1989)

C. SIFAT DAN KARAKTERISTIK PERNAPASAN BUAH

Selama penyimpanan, buah-buahan dan sayur-sayuran menjalani bentuk kehidupan heterotropik dengan menggunakan cadangan makanan yang tersisa. Satu-satunya hubungan yang masih terjadi antara buah-buahan dan lingkungannya adalah pertukaran gas, yaitu buah-buahan menggunakan O_2 dalam atmosfer untuk memproduksi CO_2 , uap air dan zat-zat organik (seperti ethylene dan zat-zat pembentuk aroma).

Pernapasan merupakan sarana penyedia energi yang sangat vital dibutuhkan untuk mempertahankan struktur sel dan jalannya proses-proses biokimia. Pernapasan identik dengan kehidupan. Setiap organisme, organ dan sel bernapas terus menerus dalam seluruh periode hidupnya. Selama bernapas, buah-buahan masih hidup. Jika pernapasan terhenti, pasokan energi terganggu dan sebagai hasilnya struktur sel rusak, proses-proses lain menjadi kacau dan reaksi pembusukan akan berlangsung. Reaksi seluruh pernapasan buah adalah :



Dari persamaan diatas tampak bahwa sumber utama penghasil energi adalah glukosa. Tetapi tidak berarti protein, lemak dan asam organik tidak mempunyai peranan dalam pernapasan. Hasil yang dapat diambil dari proses pernapasan adalah gas-gas yang terlibat dalam pernapasan mempunyai volume yang sama, yaitu : volume O_2 yang

pernapasan tergantung pada beberapa faktor. Faktor yang terpenting yang berhubungan dengan keadaan fisiologis buah adalah tingkat kematangan buah dan turgor sel. Intensitas pernapasan mencapai puncaknya pada buah yang matang.

Menurut Winarno dan Wirakartakusumah (1981) alpukat digolongkan sebagai golongan buah-buahan klimakterik yang berarti bahwa selama proses pertumbuhan buah sampai menjadi busuk, terjadi perubahan-perubahan biologis misalnya terjadi peningkatan respirasi, pembentukan senyawa etilen dan peningkatan proses pematangan.

Stadia klimakterik sangat penting dan erat hubungannya dengan kualitas buah selama penyimpanan serta umur simpannya. Pada stadia itu kualitas buah mencapai optimum dan setelah itu kualitas buah semakin menurun dengan cepat.

D. PENGEMASAN "MODIFIED ATMOSPHERE" DALAM KEMASAN PLASTIK

Menurut Buckle et al. (1987) pengemasan merupakan salah satu cara memberikan kondisi yang tepat bagi pangan untuk menunda proses dalam jangka waktu yang diinginkan.

Menurut Wills et al. (1981) syarat-syarat kemasan adalah (1) harus cukup kuat melindungi bahan selama penyimpanan, transportasi dan penumpukan, (2) tidak bereaksi dengan bahan yang dikemas, (3) bentuknya sesuai dengan cara penanganan dan pemasarannya, (4) sifat-sifat permeabilitas kemasan film plastik dan laju



kegiatan pernapasan bahan yang dikemas diketahui dan (5) biaya kemasan disesuaikan dengan bahan yang dikemas.

Menurut Pantastico (1986), penggunaan plastik sebagai bahan pengemas dapat melindungi dan mengawetkan buah dan sayuran yang disimpan. Selama penyimpanan dalam kemasan plastik terjadi perubahan konsentrasi CO_2 dan O_2 , dimana CO_2 meningkat dan O_2 menurun akibat respirasi.

Menurut Henig dan Gilbert (1975), perubahan konsentrasi tersebut suatu saat akan mencapai kesetimbangan yaitu sedikit sekali bahkan hampir tidak ada perubahan konsentrasi.

Menurut Wills et al. (1981) beberapa jenis plastik cocok digunakan untuk mengemas buah-buahan dan sayur-sayuran seperti Polietilen (PE) dan Polivinil klorida (PVC). Plastik polietilen yang sering digunakan untuk mengemas buah-buahan dan sayur-sayuran adalah plastik Polietilen yang berkerapatan rendah (LDPE). Bahan ini kuat, kedap air, tahan terhadap zat kimia, transparan, fleksibel, permeabel terhadap gas serta murah.

Menurut Hall et al. di dalam Pantastico (1989), penggunaan plastik sebagai bahan pengemas memungkinkan banyak ragam kegunaan yang dapat melindungi dan mengawetkan buah-buahan dan sayuran yang mudah rusak, sehingga dapat memperpanjang daya simpannya. Kemasan memberikan lindungan yang berbeda pada buah yang disimpan, karena terjadi penurunan kandungan O_2 dan



meningkatnya kandungan CO₂ dalam kemasan yang sangat berkaitan dengan kegiatan pernapasan buah.

Pengemasan bahan dalam film permeabel merupakan sistem dinamis yang meliputi dua proses yang terjadi bersamaan yaitu proses pernafasan dan penyerapan gas yang berhubungan dengan kegiatan pernafasan yaitu O₂ dan CO₂ (Kader dan Moris, 1977).

Menurut Hall et al. di dalam Pantastico (1986) permeabilitas memberikan gambaran tentang mudah atau tidaknya gas, uap air, cairan, ion-ion dan molekul terlarut menembus suatu material tanpa memperhatikan mekanismenya. Sifat film plastik yang lebih permeabel terhadap CO₂ daripada O₂ cocok untuk mengemas buah-buahan dan sayur-sayuran, terutama untuk membentuk atmosfer dalam kemasan.

Menurut Do dan Salunkhe di dalam Pantastico (1986), penyimpanan dengan *Modified Atmosphere* adalah penyimpanan dimana tingkat kandungan O₂ dikurangi dan kandungan CO₂ ditambah (dibandingkan dengan udara biasa) melalui pengaturan pengemasan yang menghasilkan kondisi konsentrasi-konsentrasi tertentu melalui interaksi penyerapan dan pernapasan buah yang disimpan.

Kader (1985) menyatakan bahwa secara umum *Atmosphere Conditioning* merupakan proses penambahan atau pengurangan gas-gas di dalam ruangan untuk mendapatkan komposisi tertentu yang berbeda dari udara biasa. Disebut *Modified Atmosphere* apabila setelah diatur, komposisi gas di dalam ruangan berubah karena respirasi komoditas selama masa penyimpanan.



Sistem penyimpanan dengan cara ini sedikit berbeda dengan atmosfer terkendali (*Controlled Atmosphere*) yang selama penyimpanan dilakukan pengendalian terhadap konsentrasi gas O_2 dan CO_2 dengan menggunakan peralatan penunjang. Pada komposisi gas lingkungan penyimpanan dilakukan dengan tahap awal dengan pemilihan bahan kemasan tertentu (Pantastico, 1986).

Penyimpanan dengan atmosfer termodifikasi yang dikombinasikan dengan pendinginan merupakan cara yang baik untuk mencegah kerusakan selama penyimpanan dan memperpanjang masa simpan produk. Penggunaan suhu rendah dapat mencegah terjadinya reaksi kimia, reaksi enzimatik atau pertumbuhan mikroba.

Menurut Hall et al. di dalam Pantastico (1986) faktor-faktor yang mempengaruhi kandungan CO_2 dan O_2 dalam kemasan udara termodifikasi antara lain suhu, kelembaban, waktu penyimpanan, jenis dan jumlah bahan.

Pantastico (1986) menyatakan bahwa cara-cara lain untuk mempertahankan mutu tidak akan berhasil dengan memuaskan tanpa pendinginan. Dalam iklim tropika yang panas, penyimpanan dalam udara terkendali tidak dianjurkan tanpa dikombinasikan dengan pendinginan, oleh karena kerusakan akan berlangsung lebih cepat karena penimbunan panas dan CO_2 .

Pengaruh rendahnya O_2 dan tingginya CO_2 dalam udara penyimpanan akan dapat memperlambat pemasakan buah, menurunkan laju respirasi, menurunkan laju produksi etilen, memperlambat pembusukan dan menekan



berbagai perubahan yang berhubungan dengan pemasakan. Toleransi relatif buah-buahan dan sayur-sayuran pada pengurangan oksigen dan peningkatan karbondioksida dalam lingkungan penyimpanan perlu diperhatikan.

Menurut Kader dan Moris (1977) buah-buahan akan mengalami kerusakan fisik, bila ruang penyimpanan dikendalikan di atas batas tingkat kandungan CO_2 dan di bawah kandungan O_2 yang diijinkan. Melitskii et al. (1983) menyatakan bahwa batas relatif untuk penambahan CO_2 yaitu 0 sampai 10 persen dan pengurangan O_2 yaitu 2 sampai 16 persen. Pengurangan konsentrasi O_2 di bawah 2 % akan mengakibatkan terjadinya respirasi anaerobik, sedangkan perubahan konsentrasi CO_2 di atas 10 % akan merusak jaringan buah.

Menurut Pantastico (1986) kandungan CO_2 yang tinggi akan mengarah ke perubahan-perubahan fisiologis berikut : (1) penurunan reaksi-reaksi sintesis pemasakan (misalnya protein dan zat warna), (2) penghambatan beberapa kegiatan enzimatis, (3) penurunan produksi zat-zat atsiri, (4) gangguan metabolisme asam organik, terutama penimbunan asam suksinat, (5) kelambatan pemecahan zat-zat pektin, (6) penghambatan sintesis khlorofil dan penghilangan warna hijau terutama setelah pemanenan dini dan (7) perubahan perbandingan berbagai gula.

Perlakuan dengan CO_2 tinggi menunda pembangkitan klimakterik pada buah pisang. Namun laju respirasi pada puncak klimakterik tampaknya tidak berubah. Buah

selama satu bulan diatas waktu simpan konvensional dengan menggunakan 4 - 5 % CO₂ dan 4 - 5 % O₂ pada suhu 45 °F (7.2 °C).

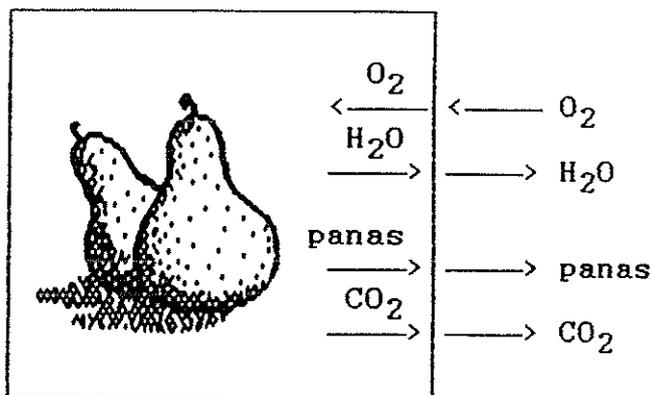
Menurut Kader (1985), umur simpan buah alpukat dapat diperpanjang selama 14 hari sampai 28 hari pada penyimpanan atmosfer termodifikasi dengan konsentrasi gas awal 3 - 10% CO₂ dan 2 - 5 % O₂ pada suhu 8 - 12°C.

E. PENDUGAAN KONSENTRASI O₂ DAN CO₂ KESETIMBANGAN DALAM KEMASAN

Penyimpanan buah dalam film permeabel merupakan sistem dinamis dan ada proses yang terjadi bersamaan, yaitu proses respirasi serta perembesan gas O₂ dan CO₂ ke dalam dan ke luar kemasan.

Oksigen secara terus menerus digunakan oleh buah untuk kegiatan respirasi dan kegiatan ini menghasilkan gas CO₂, akibatnya terjadi perbedaan kandungan O₂ antara bagian dalam dan luar kemasan sehingga O₂ akan merembes ke dalam kemasan. Sebaliknya kandungan CO₂ dalam kemasan bertambah dan dalam waktu bersamaan akan merembes ke luar kemasan (Kader, 1985). Mekanisme proses respirasi dan perembesan dapat dilihat pada Gambar 2.

Selanjutnya Deily dan Rizvi (1981), menyatakan bahwa parameter bahan yang mempengaruhi perembesan O₂ dan CO₂ adalah berat bahan, laju respirasi dan volume bebas dalam kemasan.



Gambar 2. Mekanisme proses pernapasan buah dalam film kemasan

Laju respirasi adalah karakteristik yang penting apabila metode matematik digunakan dalam pengemasan bahan segar. Menurut Hayakawa et al. (1975), laju respirasi tomat dan pisang merupakan fungsi linier sampai waktu (t) tertentu, kemudian berubah menjadi fungsi eksponensial.

Laju pemakaian O₂ dan terbentuknya CO₂ oleh buah segar dipengaruhi oleh konsentrasi O₂ dan CO₂ dalam atmosfer penyimpanan (Hayakawa, et al., 1975). Perubahan dalam laju pernapasan ini dapat diduga dengan kombinasi persamaan linier di bawah ini :

Laju pemakaian O₂

$$R_{y_i} = o_i \cdot y + p_i \cdot z + q_i \dots\dots\dots (1)$$

Laju terbentuknya CO₂

$$R_{z_i} = d_i \cdot y + e_i \cdot z + f_i \dots\dots\dots (2)$$

untuk $y_{i+1} \leq y \leq y_i$; $z_i \leq z \leq z_{i+1}$; (i = 0,1,2,...,n)

Keterangan :

- y = konsentrasi volumetrik O_2 (%)
 z = konsentrasi volumetrik CO_2 (%)
 o,p = konstanta yang digunakan untuk menduga kurva konsumsi O_2 ($ccO_2/kg.jam.\%O_2$)
 d,e = konstanta yang digunakan untuk menduga kurva terbentuknya CO_2 ($ccCO_2/kg.jam.\%CO_2$)
 R = laju pemakaian O_2 atau terbentuknya CO_2 ($cc/kg.jam$)
 i = integer "dummy"
 q,f = konstanta untuk pendugaan kurva konsumsi O_2 dan terbentuknya CO_2 ($cc/kg.jam$)

Menurut Deily dan Rizvi (1981), perembesan gas melalui film permeabel dapat digambarkan sebagai kesetimbangan massa dari komponen-komponen gasnya, yaitu kesetimbangan konsentrasi O_2 dan CO_2 . Dalam sistem bahan segar kesetimbangan massa dapat digambarkan secara matematis dengan mengikuti persamaan differensial ordo pertama, dengan asumsi laju respirasi konstan sebagai berikut :

$$\frac{dy}{dt} = \frac{S.Ky}{V} (y_a - y) - \frac{W.Ry}{V} \quad (3)$$

$$\frac{dz}{dt} = \frac{S.Kz}{V} (z_a - z) + \frac{W.Rz}{V} \quad (4)$$

dimana :

Ky = permeabilitas terhadap O_2 ($cc/m^2.jam$)

Ry = laju konsumsi O_2 ($cc O_2/kg.jam$)

Dengan cara yang sama untuk CO_2 diperoleh :

$$\hat{z} = z_a + \frac{W.Rz}{S.Kz} \quad (7)$$

$$z(t) = \hat{z} + (z_a - \hat{z}) e^{-S.Ky.t/v} \quad (8)$$

dimana :

\hat{y} = Konsentrasi kesetimbangan O_2 yang diduga (persen)

$y(t)$ = Konsentrasi O_2 dalam kemasan sesaat yang diduga (persen)

\hat{z} = Konsentrasi kesetimbangan CO_2 yang diduga (persen)

$z(t)$ = Konsentrasi CO_2 dalam kemasan sesaat yang diduga (persen)

Persamaan (5) sampai (8) dapat digunakan untuk menduga konsentrasi sesaat dan kesetimbangan O_2 dan CO_2 . Penentuan permeabilitas film kemasan dapat dihitung dengan mentransformasikan persamaan (5) dan (7), sehingga diperoleh rumus sebagai berikut :

permeabilitas film terhadap O_2

$$Ky = \frac{W.Ry}{S.(y_a - \hat{y})} \quad (9)$$

permeabilitas film terhadap CO_2

$$Kz = \frac{W.Rz}{S.(\hat{z} - z_a)} \quad (10)$$





III. METODOLOGI PENELITIAN

A. BAHAN DAN ALAT

1. Bahan

Bahan utama yang dipakai dalam penelitian ini adalah alpukat (*Persea americana*, Mill) yang terdiri dari tiga varietas yaitu Fuerte (lokal: Kodok), West Indian dan Guatemala.

Varietas Fuerte (lokal: Kodok) diperoleh dari Cikurai, Bogor; varietas West Indian diperoleh dari Padjajaran, Bogor dan varietas Guatemala diperoleh dari Garut. Ketiga varietas alpukat dapat dilihat pada Gambar 3.

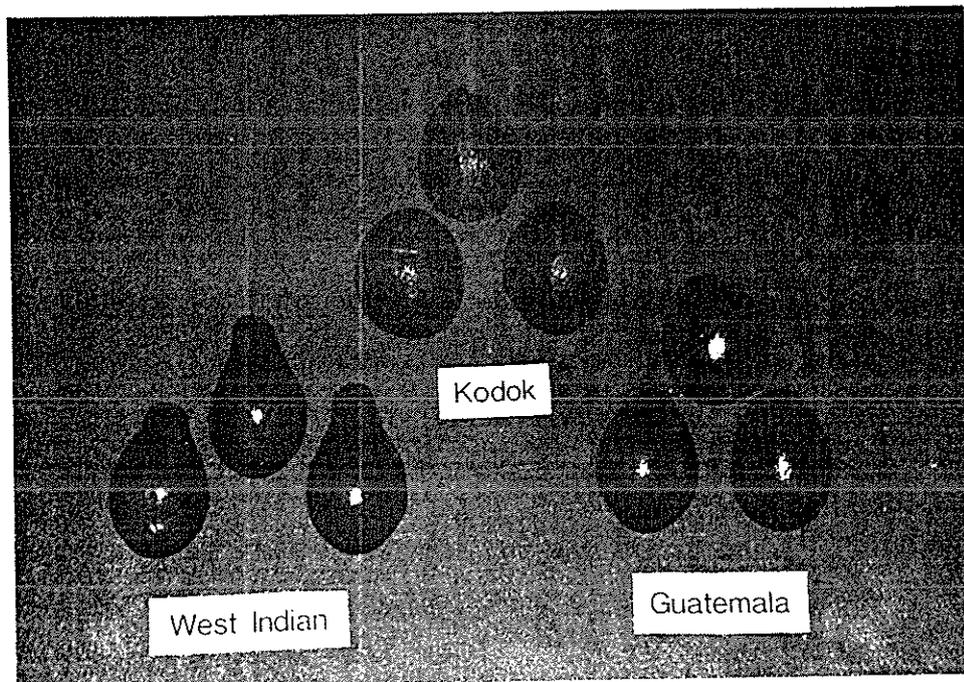
Bahan lain yang dipergunakan adalah lima jenis kemasan plastik poly vinyl chloride (PVC/Argha Karya) 25 μm , PVC (Filmco Int. Ltd.) 12.5 μm , poly etilene (PE) 25 μm , poly etilene (PE) 35 μm , poly propilene (PP) 29 μm . Mangkuk/wadah styrofoam, selang plastik, vaselin, lilin, ring sekrup, lem plastik.

Bahan pembantu yang digunakan adalah bahan-bahan kimia (diethyl eter) yang digunakan dalam analisa lemak.

2. Alat

Wadah alpukat yang digunakan untuk pengukuran kegiatan pernapasan buah (*respiration chamber*)

adalah dengan volume 3380 ml yang tutupnya diberi dua lubang dan dilengkapi selang untuk pengukur gas O_2 dan CO_2 yang diserap dan dikeluarkan selama pernapasan.



Gambar 3. Alpukat varietas Fuerte (Kodok) varietas West Indian dan varietas Guatemala

Alat yang digunakan untuk mengukur konsentrasi gas O_2 adalah Cosmotector tipe XPO-318, sedangkan alat yang digunakan untuk mengukur konsentrasi gas CO_2 adalah Cosmotector tipe XP-314(B). Alat yang sama digunakan untuk mengukur konsentrasi gas dalam model kemasan dan pemilihan jenis film kemasan.

Alat yang digunakan untuk pengujian mutu alpukat adalah neraca Ohaus untuk pengujian susut bobot, derajat kerusakan; oven untuk pengujian kadar

air; alat Soxhlet untuk pengujian kadar lemak; alat Instron 1140 dengan *probe* berupa *plunger* tipe *Compression Anvils* untuk uji kekerasan; pH meter untuk mengukur nilai pH; peralatan gelas untuk mengukur berat jenis.

B. METODA PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari tiga tahap, yaitu :

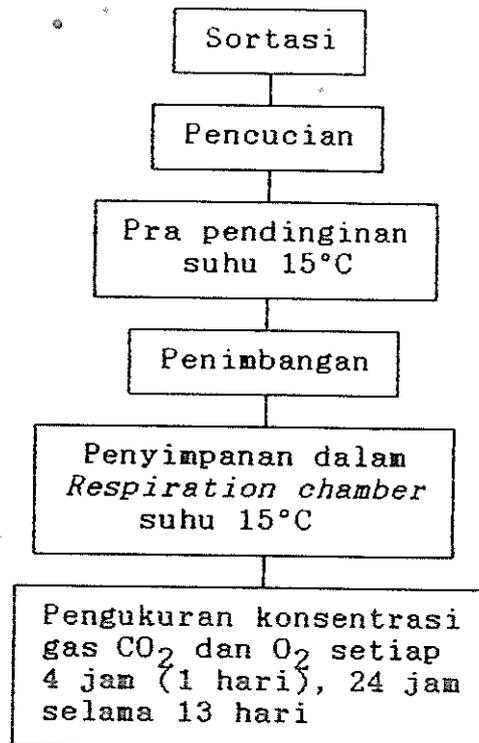
1. Pengukuran laju respirasi buah alpukat.
2. Penentuan konsentrasi gas O₂ dan CO₂ optimum.
3. Pemilihan jenis film kemasan dan pendugaan konsentrasi keseimbangan dengan model kemasan.

Pendugaan konsentrasi keseimbangan dan pemilihan jenis dan bentuk film kemasan dilakukan dengan persamaan (1) hingga (10)

1. Pengukuran Laju Respirasi Buah Alpukat

Satu buah alpukat (\pm 300 gram) diletakkan dalam stoples kaca (volume 3380 ml) yang digunakan sebagai "*respiration chamber*". Stoples yang digunakan sebanyak 6 buah dimana masing-masing stoples ditutup rapat dengan dua lapisan pencegah kebocoran pada celah antara tutup dengan ulir kaca, yaitu : vaselin dan lilin (dari lapisan terdalam sampai lapisan terluar). Lapisan ini untuk mencegah masuknya gas O₂ dan keluarnya CO₂ dari stoples. Untuk mengukur konsentrasi gas dalam stoples, dibuat dua lubang yang dihubungkan dengan pipa plastik untuk mempermudah

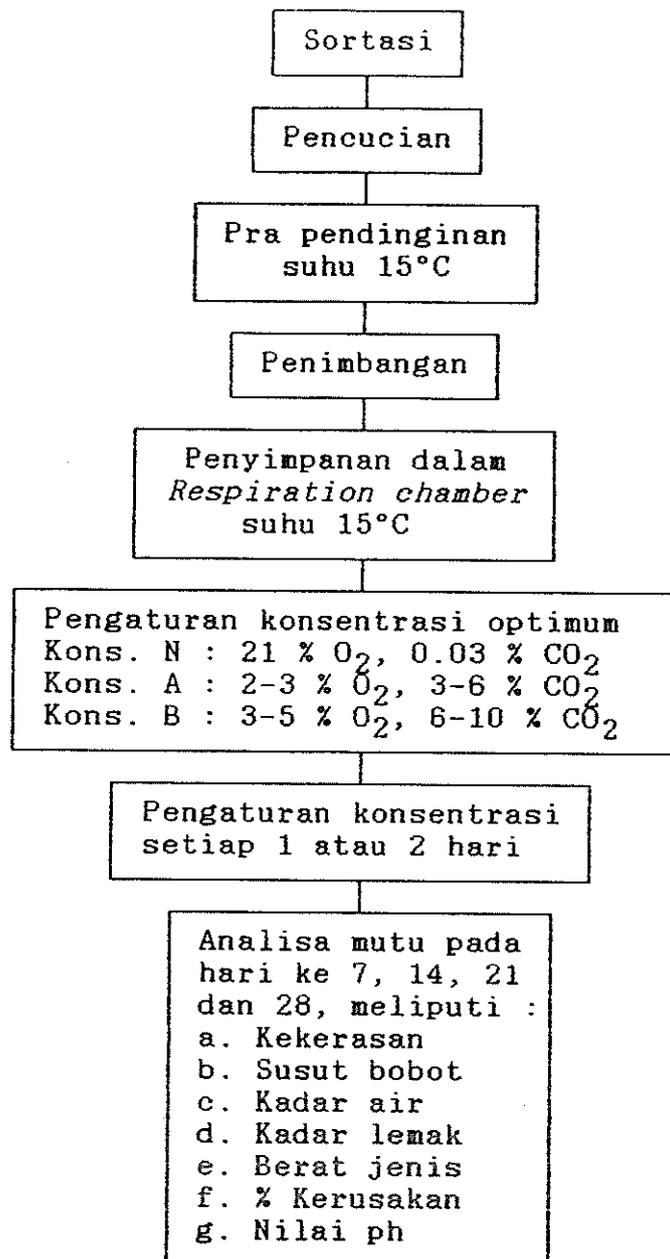
pengukuran kandungan gas dalam wadah. Pengukuran kandungan gas dilakukan dengan Cosmotector tipe XPU-318 untuk O_2 dan XP-314(B) untuk CO_2 selama 13 hari dimana pada hari pertama pengukuran dilakukan setiap 4 jam, pengukuran selanjutnya setiap 24 jam. Suhu penyimpanan yaitu $15^\circ C$, bagan pengukuran respirasi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Bagan pengukuran respirasi alpakat

2. Penentuan Konsentrasi Gas O_2 dan CO_2 Optimum

Untuk menentukan konsentrasi gas O_2 dan CO_2 optimum, dicoba 3 taraf selang konsentrasi O_2 dan konsentrasi CO_2 yang rendah, yaitu : 2 - 3 % O_2 dan 3 - 6 % CO_2 (konsentrasi A), 3 - 5 % O_2 dan 6 - 10 % CO_2 (konsentrasi B) serta 21 % O_2 dan 0.03 % CO_2 (untuk kontrol/konsentrasi N).



Gambar 5. Bagan penentuan konsentrasi O_2 dan CO_2 optimum penyimpanan alpukat

Pertama-tama stoples diisi dengan tiga buah alpukat (± 900 gram). Gas O_2 yang terdapat dalam wadah (sebanyak 21 %) dikeluarkan dengan menggunakan pompa vakum sampai kondisi taraf konsentrasi yang diinginkan melalui selang plastik, sedangkan jika

ada kekurangan CO_2 dilakukan penambahan gas CO_2 dari tabung gas CO_2 . Pengukuran kandungan gas O_2 dan CO_2 yang dikurangi atau ditambah dilakukan melalui selang plastik menggunakan Cosmotector. Setelah konsentrasi gas O_2 mendekati batas maksimum dan konsentrasi CO_2 mencapai batas minimumnya, penarikan dan penambahan gas dihentikan, lalu untuk menghindari kondisi vakum didalam stoples maka diisi dengan gas nitrogen (N_2). Lubang atas selang lalu ditutup rapat dengan lilin (malam) yang dilumuri vaselin untuk mencegah masuknya O_2 dari luar dan keluarnya CO_2 dari dalam kemasan.

Pengendalian konsentrasi gas O_2 dan CO_2 pada selang taraf konsentrasi yang diinginkan dilakukan setiap satu atau dua hari untuk mencegah kelebihan atau kekurangan gas O_2 dan CO_2 . Masing-masing perlakuan pada berbagai konsentrasi dilakukan dua kali ulangan. Bagan penentuan konsentrasi O_2 dan CO_2 optimum penyimpanan alpukat dapat dilihat pada Gambar 5.

3. Penentuan Jenis Film Kemasan dan Pendugaan Konsentrasi Keseimbangan Dengan Model Kemasan

Permeabilitas bahan kemasan yang diperlukan, dihitung berdasarkan konsentrasi O_2 dan CO_2 optimum yang diperoleh dari hasil penelitian sebelumnya. Perhitungan permeabilitas bahan kemasan yang cocok didasarkan pada keadaan konsentrasi keseimbangan gas



O_2 dan CO_2 dalam kemasan plastik yang mendekati konsentrasi O_2 dan CO_2 optimum untuk penyimpanan alpukat segar.

Persamaan yang dipakai adalah modifikasi dari persamaan (9) dan (10), dengan syarat laju kegiatan pernapasan buah konstan yaitu :

$$K_y = W.R_y / (S.(y_a - y_{eqi})), \text{ untuk } O_2$$

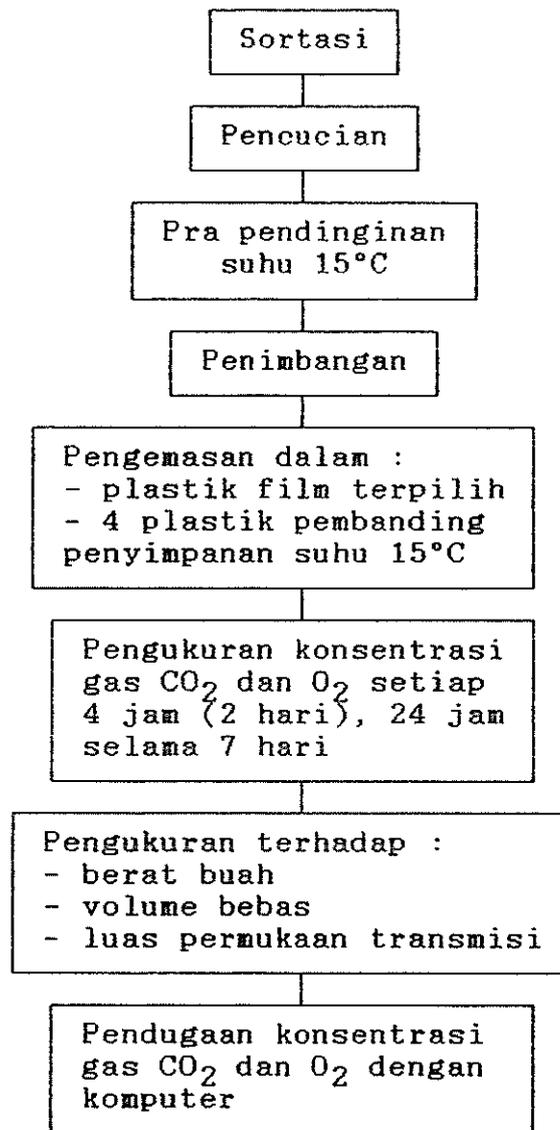
$$K_z = W.R_z / (S.(z_{eqi} - z_a)), \text{ untuk } CO_2$$

Film yang dipilih adalah film yang mempunyai permeabilitas mendekati permeabilitas yang diperlukan. Sebagai pembanding digunakan 4 jenis film lain yang mempunyai permeabilitas terhadap O_2 dan CO_2 yang berbeda.

Model kemasan yang digunakan yaitu mangkok styrofoam yang dibungkus dengan film pengemas dengan berbagai permeabilitas. Model kemasan jenis mangkok, lubang untuk pengamatan dibuat pada salah satu sisi dari plastik dan dihubungkan dengan selang plastik. Kemasan yang telah berisi alpukat disegel dan lubangnya ditutup dengan lem, lilin dan pada bagian luarnya dilumuri vaselin untuk mencegah kebocoran gas.

Pengukuran gas O_2 dan CO_2 dilakukan tiap hari (selang 4 jam pada hari pertama dan kedua) melalui selang plastik dengan alat Cosmotector. Hasil pengukuran ini dibandingkan dengan hasil pendugaan dengan persamaan matematis dan parameter-parameter

pengemasan lainnya disimulasikan dengan menggunakan komputer, program komputer dapat dilihat pada Lampiran 32. Pengamatan mutu alpukat dilakukan secara visual setiap minggu dan pada akhir penyimpanan. Kemasan-kemasan ini disimpan pada suhu 15°C.



Gambar 6. Bagan pendugaan konsentrasi kesetimbangan gas O₂ dan CO₂ dalam kemasan

Selain itu dilakukan pengukuran volume bebas kemasan (V) dan luas permukaan kemasan (S) serta

berat alpukat yang dikemas (W). Hasil pengukuran ini dipakai pada persamaan (6) dan (8) untuk menduga konsentrasi O_2 dan CO_2 transien dalam kemasan. Pengukuran parameter kemasan ini dilakukan pada akhir penyimpanan. Bagan pendugaan konsentrasi kesetimbangan gas O_2 dan CO_2 dalam kemasan dapat dilihat pada Gambar 6.

C. PERLAKUAN

Perlakuan pada penyimpanan ini ada tiga yaitu : perbedaan varietas, kombinasi konsentrasi O_2 dan CO_2 serta lama penyimpanan. Faktor varietas terdiri dari tiga taraf, faktor kombinasi konsentrasi O_2 dan CO_2 terdiri dari tiga taraf serta faktor lama penyimpanan terdiri dari lima taraf.

Perlakuan ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan konsentrasi gas optimum untuk penyimpanan alpukat segar.

1. Varietas

Perbedaan varietas yang digunakan pada penelitian ini ada tiga yaitu Fuerte, West Indian dan Guatemala. Masing-masing diberi kode a1, a2 dan a3, penyimpanan pada suhu $15^\circ C$.

2. Konsentrasi Gas O_2 dan CO_2

Kombinasi konsentrasi gas O_2 dan CO_2 dalam penelitian ini terdiri dari tiga taraf yaitu 2-3

% O₂, 3-6 % CO₂ dan 3-5 % O₂, 6-10 % CO₂ serta 21 % O₂, 0.03 % CO₂. Masing-masing diberi kode b1, b2 dan b3.

3. Lama Penyimpanan

Lama penyimpanan terdiri dari lima taraf yaitu 0, 7, 14, 21 dan 28 hari. Masing-masing diberi kode c1, c2, c3, c4 dan c5.

D. PENGAMATAN

Pengamatan mutu alpukat yang disimpan pada berbagai konsentrasi meliputi : kekerasan, susut bobot, berat jenis, kadar air, nilai ph, kadar lemak, derajat kerusakan. Pengamatan dilakukan secara obyektif pada awal penyimpanan, dan tiap-tiap minggu sampai minggu ke-4.

1. Kekerasan

Pengukuran kekerasan alpukat dilakukan dengan alat Instron 1140. Alpukat diletakkan dibawah probe (sensor berbentuk silinder) berupa *plunger* tipe *compression anvils* dengan diameter 3.595 cm. Selanjutnya alpukat ditekan dengan beban tertentu 50 kg, 100 kg dan sebagainya menurut tingkat kekerasan alpukat. Pembebanan dihentikan saat alpukat pecah. Kecepatan kertas yang digunakan 50 mm/menit.

Pengukuran kekerasan didapat dari grafik yang diperoleh yaitu :

$$\text{Kekerasan (gram-force)} = \frac{a}{b} \times c$$

dimana :

a = tinggi puncak (cm)

b = tinggi skala penuh "full scale" (cm)

c = pembebanan pada "full scale" (gram-force)

2. Susut Bobot

Susut bobot diketahui dengan menimbang kembali alpukat pada akhir penyimpanan, selanjutnya dibandingkan dengan bobot awal sebelum penyimpanan.

$$\text{Susut Bobot} = \frac{a - b}{a} \times 100 \%$$

dimana :

a = Berat awal alpukat

b = Berat akhir alpukat

3. Kadar Air

Kadar air alpukat diukur dengan metoda pengeringan oven. Daging buah alpukat sebanyak ± 2 gram dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah dikeringkan dan diketahui tepat beratnya.

Sampel dikeringkan dalam oven dengan suhu 105°C sampai beratnya konstan (± 24 jam), lalu ditimbang berat akhirnya.

$$\text{Kadar air} = \frac{b - c}{b - a} \times 100 \%$$

dimana :

a = Berat cawan

b = Berat cawan + sampel awal

c = Berat cawan + sampel akhir

4. Kadar Lemak

Pengukuran kadar lemak dilakukan dengan menggunakan alat soxhlet. Alpukat yang akan diukur kadar lemaknya dikeringkan dahulu, kemudian digiling halus.

Sampel yang digunakan sebanyak ± 2 gram, dimasukkan ke dalam selongsong selulosa, kemudian pelarut dietil eter dimasukkan ke dalam *crucible* logam yang telah dikeringkan terlebih dahulu dan diketahui tepat beratnya.

Panas yang berasal dari *oil bath* akan memanaskan pelarut (± 105 °C), dan selanjutnya pelarut akan terdestilasi pada kondensor. Proses ini berlangsung selama ± 1 jam, pada akhir proses pelarut ditahan agar tidak kembali ke *crucible*, selanjutnya *crucible* dikeringkan pada oven dengan suhu 105°C sampai bobotnya tetap dan ditimbang.

$$\text{Kadar Lemak} = \frac{a - b}{c} \times 100 \%$$

dimana :

a = Berat *crucible* + lemak

b = Berat *crucible*

c = Berat sampel yang diukur

5. Berat Jenis

Berat jenis alpukat diukur dengan mengetahui volume alpukat tersebut terlebih dahulu. Alpukat dimasukkan ke dalam gelas ukur yang penuh dengan air, air yang tumpah setelah alpukat dimasukkan adalah sama dengan volume alpukat.

Berat alpukat ditimbang dan selanjutnya dibagi dengan volume hasil perhitungan.

$$\text{Berat Jenis (g/ml)} = \frac{\text{Berat alpukat (g)}}{\text{Volume alpukat (ml)}}$$

6. Derajat Kerusakan

Kerusakan yang diamati terhadap buah menyangkut segala bentuk kerusakan. Kerusakan dihitung berdasarkan ketentuan Direktorat Jenderal Pertanian Tanaman Pangan (1989) dengan menentukan persentase kerusakan berdasarkan berat.

$$\text{Persentase kerusakan} = \frac{a - b}{a} \times 100 \%$$

dimana :

a = berat buah utuh

b = berat buah setelah dibuang busuknya

7. Nilai pH

Pengukuran pH alpukat dengan menggunakan pH meter, \pm 5 gram alpukat ditambah 10 ml aquadest dihancurkan menggunakan *waring blender*, suspensi yang dihasilkan diukur Nilai ph-nya.

E. RANCANGAN PERCOBAAN

Rancangan percobaan yang digunakan dalam percobaan menentukan konsentrasi O_2 dan CO_2 optimum adalah rancangan faktorial acak lengkap dengan ulangan sebanyak dua kali.

Model yang digunakan (Steel dan Torrie, 1980) :

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

Keterangan :

Y_{ijkl} = nilai hasil pengukuran pada alpukat yang menerima perlakuan varietas taraf ke-i, konsentrasi gas taraf ke-j dan lama penyimpanan taraf ke-k pada ulangan ke-l

μ = nilai rata-rata umum

A_i = pengaruh varietas taraf ke-i (i= 1,2,3)

B_j = pengaruh konsentrasi gas taraf ke-j (j= 1,2,3)

C_k = pengaruh lama penyimpanan taraf ke-k (k= 1,2,3,4,5)

- $(AB)_{ij}$ = pengaruh interaksi varietas taraf ke-i dan konsentrasi gas taraf ke-j
- $(AC)_{ik}$ = pengaruh interaksi varietas taraf ke-i dan lama penyimpanan taraf ke-k
- $(BC)_{jk}$ = pengaruh interaksi konsentrasi gas taraf ke-j dan lama penyimpanan taraf ke-k
- $(ABC)_{ijk}$ = pengaruh interaksi varietas taraf ke-i, konsentrasi gas taraf ke-j dan lama penyimpanan taraf ke-k
- ϵ_{ijkl} = pengaruh sisa perlakuan varietas taraf ke-i, konsentrasi gas taraf ke-j dan lama penyimpanan taraf ke-k

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. PENGUKURAN LAJU RESPIRASI BUAH ALPUKAT

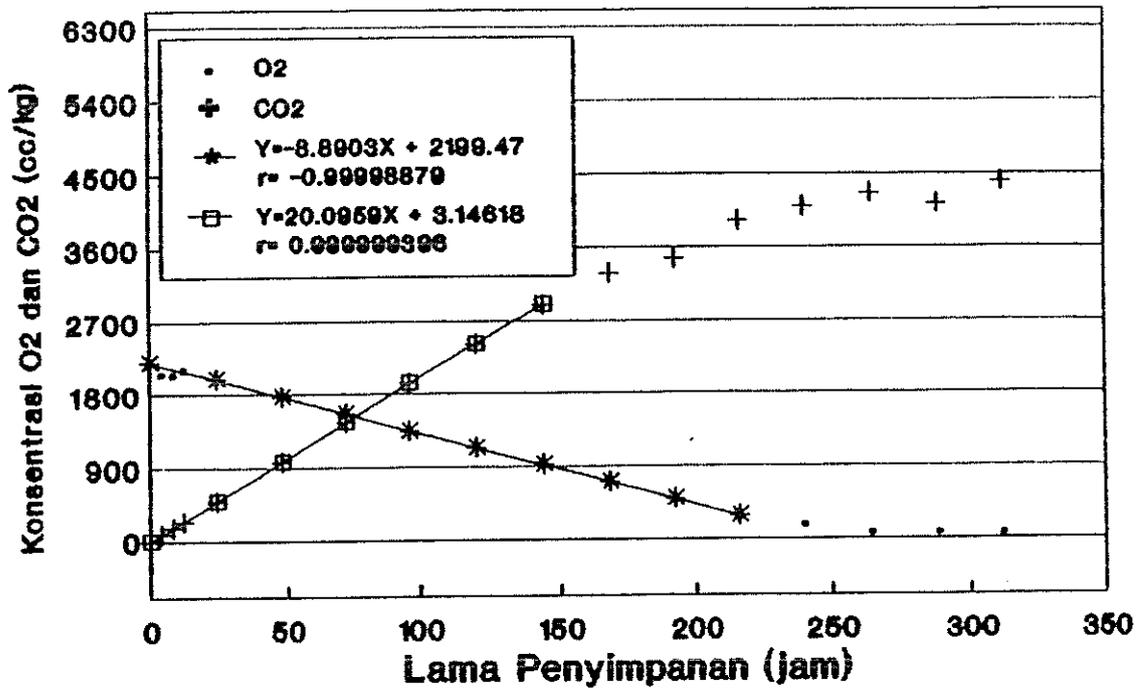
Pengukuran laju respirasi dilakukan karena laju respirasi merupakan salah satu parameter yang dibutuhkan untuk menduga konsentrasi O_2 dan CO_2 kesetimbangan di dalam kemasan film. Penurunan gas O_2 merupakan suatu tanda bahwa buah mengalami respirasi, yang akhirnya akan dihasilkan gas CO_2 .

Penentuan laju respirasi dilakukan dengan mengukur perubahan konsentrasi O_2 dan CO_2 berdasarkan selang waktu tertentu.

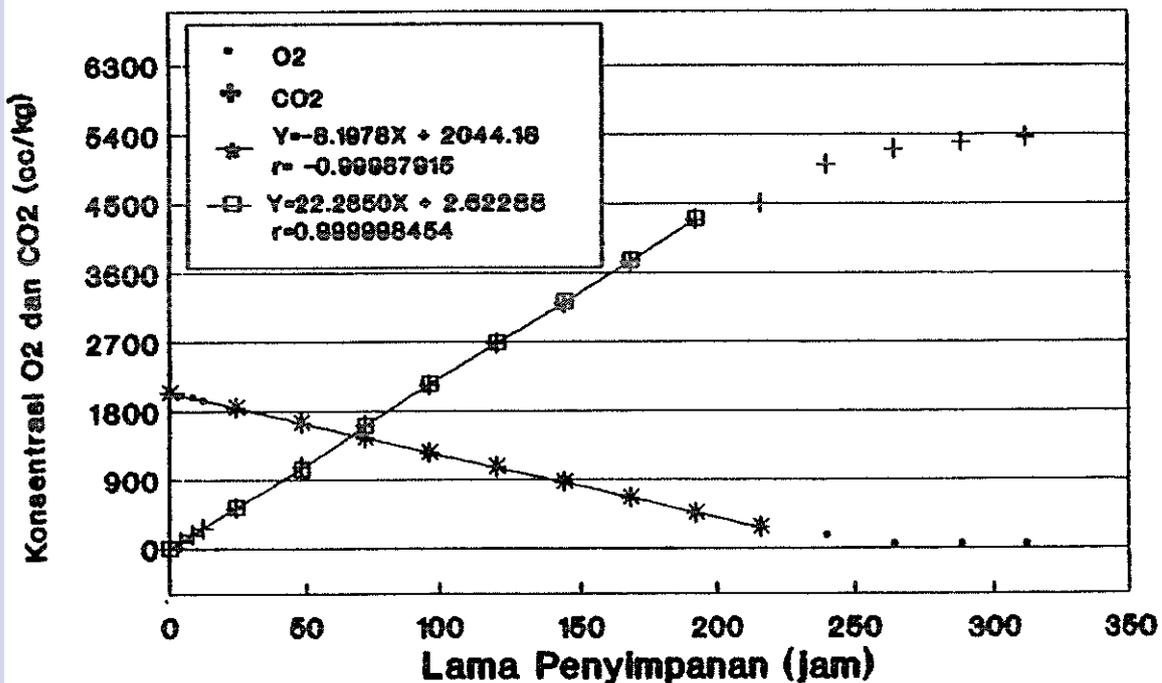
Penurunan konsentrasi O_2 dan penambahan konsentrasi CO_2 merupakan fungsi eksponensial. Hasil yang sama juga dilaporkan oleh Hayakawa et al. (1975), berdasarkan hasil pengamatan, rata-rata konsentrasi O_2 berubah secara linier pada pengamatan selama 224 jam dan konsentrasi CO_2 berubah secara linier pada pengamatan selama 200 jam.

Pada selang penurunan gas O_2 yang linier persamaan garisnya ditentukan, begitu pula pada selang peningkatan gas CO_2 yang linier ditentukan pula persamaan garisnya, persamaan garis berguna untuk mengetahui gradien kemiringan garis tersebut.

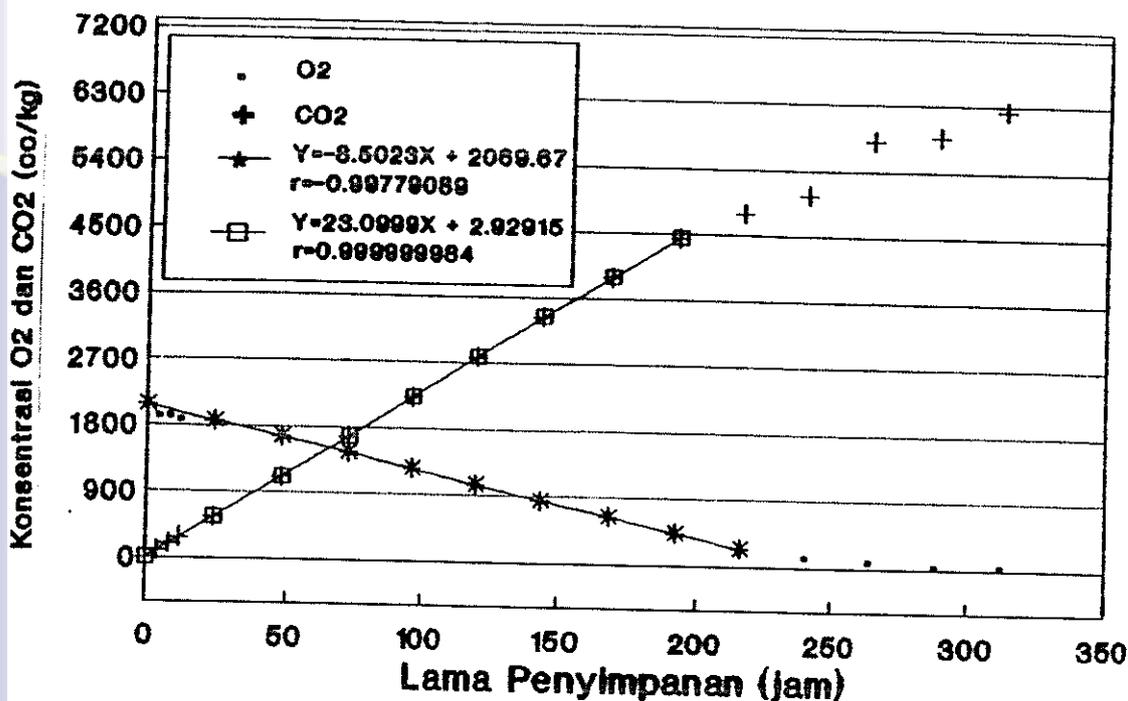
Grafik perubahan konsentrasi O_2 dan CO_2 untuk tiap varietas dan hasil regresinya berturut-turut dapat dilihat pada Gambar 7, 8 & 9.



Gambar 7. Perubahan konsentrasi O₂, CO₂ dan grafik hasil regresi perubahan konsentrasi O₂, CO₂ selama penyimpanan untuk varietas Fuerte



Gambar 8. Perubahan konsentrasi O₂, CO₂ dan grafik hasil regresi perubahan konsentrasi O₂, CO₂ selama penyimpanan untuk varietas West Indian



Gambar 9. Perubahan konsentrasi O₂, CO₂ dan grafik hasil regresi perubahan konsentrasi O₂, CO₂ selama penyimpanan untuk varietas Guatemala

Pada suhu 15°C, untuk varietas Fuerte konsentrasi O₂ berubah secara linier dari 21.0% menjadi 0.6% dengan persamaan regresi $[O_2](cc/kg) = 2199.470 - 8.89036 t$, sedangkan konsentrasi CO₂ berubah secara linier dari 0.03% menjadi 32.2% dengan persamaan regresi $[CO_2](cc/kg) = 3.146186 + 20.09595 t$

Varietas West Indian konsentrasi O₂ berubah secara linier dari 21.0% menjadi 0.8% dengan persamaan regresi $[O_2](cc/kg) = 2044.188 - 8.5 t$, sedangkan konsentrasi CO₂ berubah secara linier dari 0.03% menjadi 43.9% dengan persamaan regresi $[CO_2](cc/kg) = 2.622887 + 22.28505 t$

Varietas Guatemala konsentrasi O₂ berubah secara linier dari 21.0% menjadi 0.3% dengan persamaan regresi

$[O_2](cc/kg) = 2069.674 - 8.50228 t$, sedangkan konsentrasi CO_2 berubah secara linier dari 0.03% menjadi 45.02% dengan persamaan regresi $[CO_2](cc/kg) = 2.929252 + 23.09993 t$

Laju respirasi yaitu untuk konsumsi O_2 dan produksi CO_2 besarnya tergantung dari gradien kemiringan grafik, berdasarkan hasil regresi diperoleh bahwa gradien kemiringan atau laju respirasi alpukat varietas Fuerte pada suhu $15^\circ C$ adalah 8.89036 cc/jam/kg untuk laju konsumsi O_2 (R_y) dan 20.09595 cc/jam/kg untuk laju produksi CO_2 (R_z). Sedangkan untuk varietas West Indian adalah 8.19788 cc/jam/kg untuk laju konsumsi O_2 (R_y) dan 22.28505 cc/jam/kg untuk laju produksi CO_2 (R_z). Untuk varietas Guatemala adalah 8.50228 cc/jam/kg untuk laju konsumsi O_2 (R_y) dan 23.09993 cc/jam/kg untuk laju produksi CO_2 (R_z).

B. PENENTUAN KONSENTRASI GAS O_2 DAN CO_2 OPTIMUM

1. Pengaruh Konsentrasi O_2 dan CO_2 dalam Udara Kemasan terhadap Kekerasan Alpukat

Data hasil pengamatan kekerasan setiap perlakuan pada konsentrasi O_2 dan CO_2 berbeda dapat dilihat pada Lampiran 1, sedangkan hasil sidik ragamnya disajikan pada Lampiran 2 - 5. Grafik penurunan kekerasan untuk tiap varietas dapat dilihat pada Gambar 10a, 10b, dan 10c.

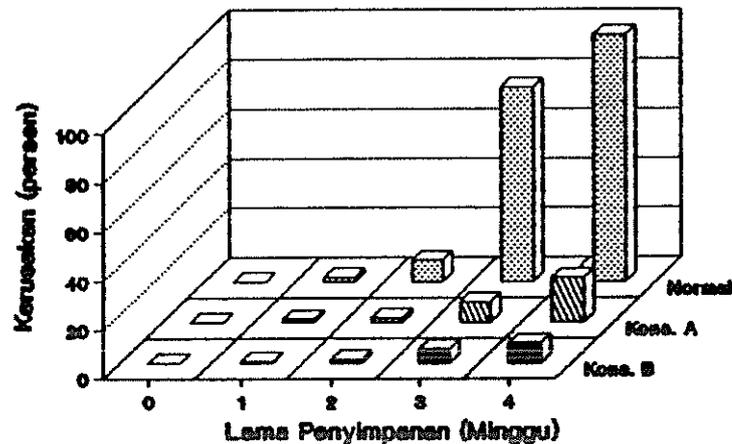
Dari hasil sidik ragam, konsentrasi O_2 dan CO_2 , varietas, serta lama penyimpanan berpengaruh sangat nyata terhadap kekerasan. Demikian juga dengan interaksi antara varietas dan komposisi gas, interaksi antara varietas dan lama penyimpanan, interaksi antara komposisi gas dan lama penyimpanan, serta interaksi antara varietas, komposisi gas dan lama penyimpanan berpengaruh sangat nyata.

Perlakuan konsentrasi gas O_2 dan CO_2 yang berbeda, memberikan penurunan kekerasan yang berbeda. Penurunan kekerasan alpukat varietas Fuerte yang mendapatkan perlakuan 3 - 5% O_2 dan 6 - 10% CO_2 , lebih rendah yaitu dari kekerasan awal 151.78 g-force, pada minggu keempat 39.5 g-force, untuk konsentrasi udara normal 3.35 g-force, sedangkan untuk konsentrasi O_2 2 - 3% dan CO_2 3 - 6% adalah 6.325 g-force.

Untuk varietas West Indian didapatkan hasil bahwa penurunan kekerasan akan lebih rendah pada konsentrasi udara penyimpan 3 - 5% O_2 dan 6 - 10% CO_2 yaitu kekerasan awal 239.28 g-force, pada minggu keempat 115 g-force, untuk konsentrasi udara normal 8.0 g-force, sedangkan untuk konsentrasi O_2 2 - 3% dan CO_2 3 - 6% adalah 34 g-force.

Untuk varietas Guatemala penurunan kekerasan lebih rendah pada komposisi udara penyimpan 3 - 5 O_2 dan 6 - 10% CO_2 yaitu kekerasan awal sebesar 239.87 g-force, pada minggu keempat 153.97 g-force, untuk

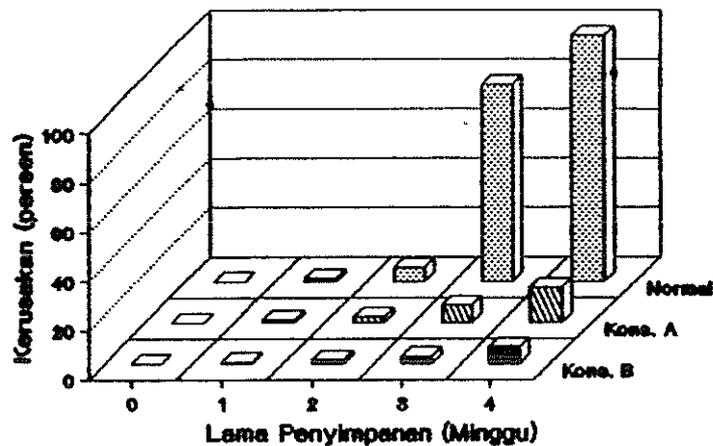
konsentrasi udara normal 13.835 g-force, sedangkan untuk konsentrasi O_2 2 - 3% dan CO_2 3 - 6% adalah 54.175 g-force.



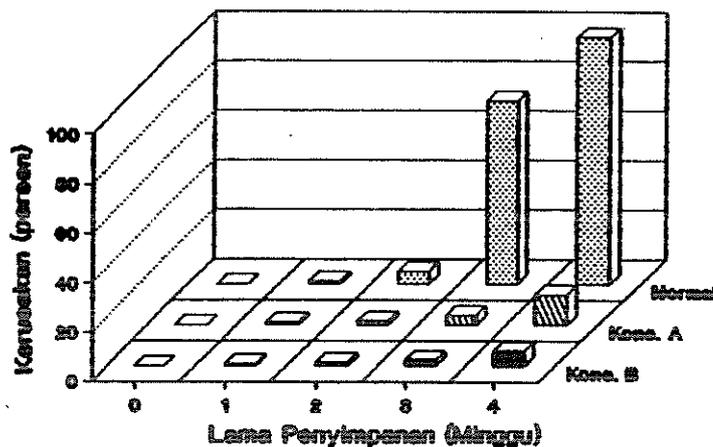
Gambar 10a. Grafik hubungan kekerasan, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas Fuerte

Selama penyimpanan kekerasan alpukat mengalami penurunan, penurunan kekerasan alpukat selama penyimpanan telah dilaporkan Biale dan Young (1971). Perubahan kuantitatif yang paling besar sehubungan dengan proses pemasakan buah adalah pemecahan polimer-polimer karbohidrat. Senyawa polimer lainnya adalah senyawa pektin dan hemiselulosa yang menyebabkan dinding sel menjadi kuat dan merupakan zat pengikat antara sel yang kuat.

Pemecahan senyawa-senyawa ini menyebabkan dinding sel buah menjadi lunak. Tingkat degradasi dari senyawa-senyawa pektin mempunyai hubungan dengan tingkat pelunakkan buah.



Gambar 10b. Grafik hubungan kekerasan, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas West Indian



Gambar 10c. Grafik hubungan kekerasan, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas Guatemala

Pantastico (1986) tekstur buah-buahan dan sayur-sayuran tergantung pada ketegangan, ukuran, bentuk, dan keterikatan sel-sel, adanya jaringan penunjang dan susunan tanamannya. Ketegangan disebabkan oleh tekanan isi sel pada dinding sel, dan bergantung pada konsentrasi zat-zat osmotik aktif

dalam vakuola, permeabilitas protoplasma, dan elastisitas dinding sel. Kolenkima dan sklerenkima merupakan jaringan-jaringan penguat atau jaringan-jaringan penunjang. Pada alpukat sel-sel kolenkima merupakan penyusun kulit bawah.

Menurut Winarno dan Wirakartakusumah (1981), penurunan kekerasan buah disebabkan oleh terdegradasinya hemiselulosa dan pektin. Pantastico, et al. (1986) menyatakan bahwa kandungan protopektin dalam buah alpukat berkurang dengan timbulnya fraksi larut dalam air (menyatakan bahwa selama penyimpanan protopektin menurun jumlahnya dan berubah menjadi asam pektat yang mudah larut dalam air, sehingga dinding primer dan lamella tengah akan menurun struktur padatnya yang mengakibatkan menurunnya kekerasan alpukat). Selanjutnya Biale dan Young (1981), menyatakan bahwa pemecahan pektin tersebut disebabkan oleh adanya aktivitas enzim pektin metil esterase dan poligalakturonase.

Perlakuan konsentrasi O_2 dan CO_2 yang lebih rendah pada konsentrasi 3 - 5 % O_2 dan 6 - 10 % CO_2 , antara lain disebabkan oleh pemecahan pektin secara enzimatis kurang aktif dibandingkan perlakuan lainnya.

Menurut Do dan Salunkhe (1986), udara lingkungan yang dimodifikasi dengan mengurangi kandungan O_2 dan menaikkan kandungan CO_2 dapat memperlambat penurunan kekerasan buah.



Menurut Winarno dan Wirakartakusumah (1981), dengan meningkatnya CO_2 dalam ruang penyimpanan, maka proses pematangan akan terhambat. Hal itu terjadi karena kelebihan CO_2 dapat menggantikan etilen dalam ikatan kompleks metalo-enzim, sehingga etilen tidak aktif lagi.

Dari ketiga varietas yang digunakan, untuk perlakuan konsentrasi 3 - 5 % O_2 dan 6 - 10 % CO_2 menyebabkan penurunan kekerasan yang lebih rendah, maka berdasarkan pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa penyimpanan pada konsentrasi 3 - 5 % O_2 dan 6 - 10 % CO_2 , menghasilkan kekerasan yang lebih baik dibandingkan perlakuan yang lainnya.

2. Pengaruh Konsentrasi O_2 dan CO_2 dalam Udara Kemasan terhadap Susut Bobot Alpukat

Data hasil pengamatan susut bobot setiap perlakuan pada konsentrasi O_2 dan CO_2 berbeda dapat dilihat pada Lampiran 1., sedangkan hasil sidik ragamnya disajikan pada Lampiran 6 - 9. Grafik susut bobot untuk tiap varietas dapat dilihat pada Gambar 11a, 11b dan 11c.

Dari hasil sidik ragam, konsentrasi O_2 dan CO_2 , varietas, serta lama penyimpanan berpengaruh sangat nyata terhadap susut bobot. Demikian juga dengan interaksi antara varietas dan komposisi gas, interaksi antara varietas dan lama penyimpanan, interaksi antara komposisi gas dan lama penyimpanan, serta

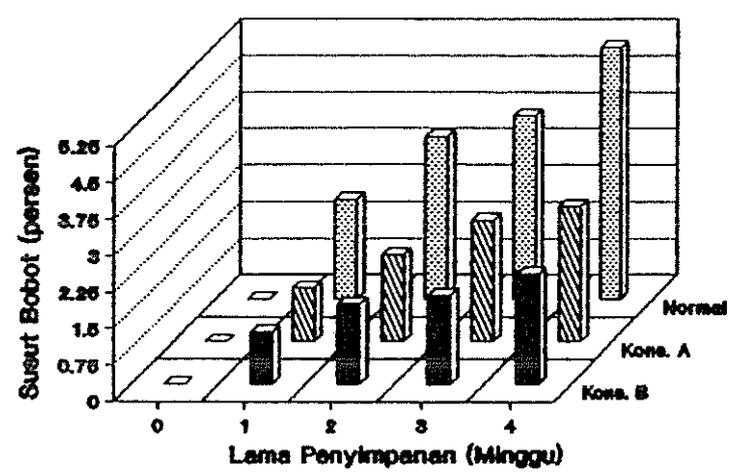
interaksi antara varietas, komposisi gas dan lama penyimpanan berpengaruh sangat nyata.

Selama penyimpanan bobot buah terus menerus menurun. Menurut Wills et al. (1981) pada proses respirasi buah, senyawa-senyawa kompleks yang biasa terdapat dalam sel seperti karbohidrat akan dipecah menjadi molekul-molekul yang sederhana seperti karbondioksida dan air yang mudah menguap, sehingga buah akan kehilangan bobotnya.

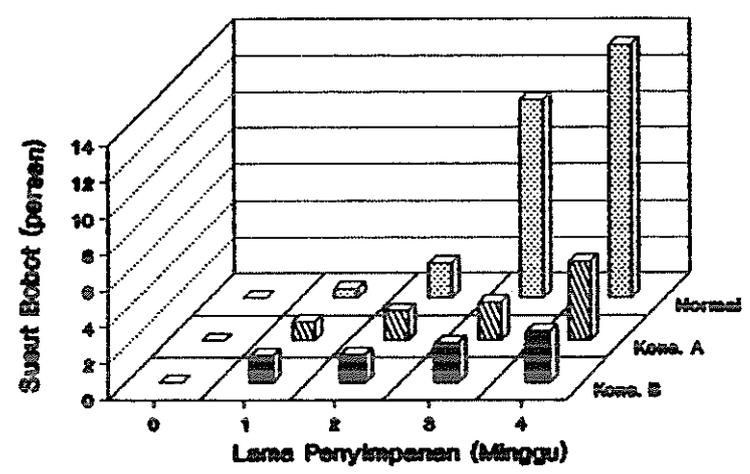
Kandungan CO_2 tinggi dan O_2 rendah pada penyimpanan menggunakan atmosfer termodifikasi memberikan pengaruh dalam menghambat respirasi buah, sehingga laju proses perombakan karbohidrat seperti gula menjadi senyawa yang mudah menguap seperti CO_2 dapat dihambat (Kader, 1985).

Menurut Fantastico (1986), hal lain yang mempengaruhi penurunan susut bobot adalah proses transpirasi buah. Transpirasi adalah penguapan air dari tanaman. Tempat transpirasi utama pada buah terjadi melalui celah yang terbuka seperti stomata, lenticel, sel epidermis dan kutikula. Transpirasi disebabkan akibat perbedaan tekanan uap air lingkungan dengan buah, sehingga buah akan kehilangan air.

Penurunan bobot akibat adanya proses transpirasi dapat dikaitkan dengan kadar air yang makin menurun pula. Susut bobot terkecil sebesar 2.265% terdapat pada varietas Fuerte yang disimpan pada konsentrasi O_2 3 - 5% dan CO_2 6 - 10%.



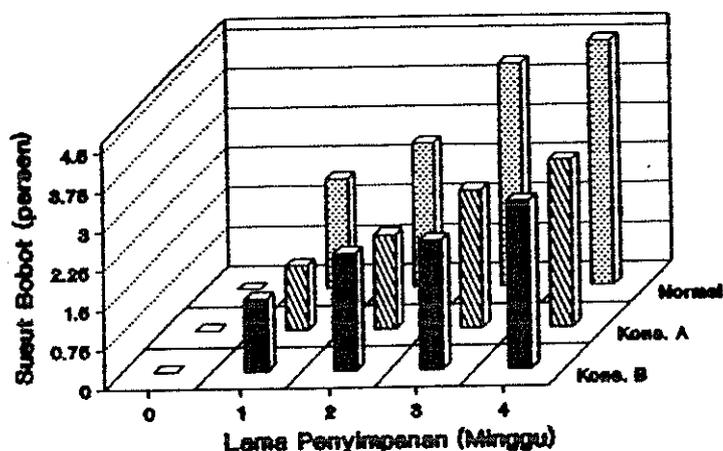
Gambar 11a. Grafik hubungan susut bobot, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas Fuerte



Gambar 11b. Grafik hubungan susut bobot, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas West Indian

Perlakuan konsentrasi gas O_2 dan CO_2 yang berbeda, memberikan susut bobot yang berbeda. Susut bobot alpukat varietas Fuerte pada perlakuan 3 - 5% O_2 dan 6 - 10% CO_2 lebih rendah pada minggu keempat yaitu sebesar 2.265%, untuk konsentrasi udara normal

5.18%, sedangkan untuk konsentrasi O_2 2 - 3% dan CO_2 3 - 6% adalah 2.785%.



Gambar 11c. Grafik hubungan susut bobot, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas Guatemala

Untuk varietas West Indian didapatkan hasil bahwa susut bobot akan lebih rendah pada konsentrasi udara penyimpan 3 - 5% O_2 dan 6 - 10% CO_2 yaitu 2.825%, untuk konsentrasi udara normal 13.96%, sedangkan untuk konsentrasi O_2 2 - 3% dan CO_2 3 - 6% adalah 4.335%.

Susut bobot varietas Guatemala lebih rendah pada komposisi udara penyimpanan 2 - 3 O_2 dan 3 - 6% CO_2 yaitu 3.18%, untuk konsentrasi udara normal 4.67%, sedangkan untuk konsentrasi O_2 3 - 5% dan CO_2 6 - 10% adalah 3.2%.

Dari ketiga varietas yang digunakan, untuk perlakuan konsentrasi 3 - 5% O_2 dan 6 - 10% CO_2 menyebabkan susut bobot yang lebih rendah, maka berdasar-

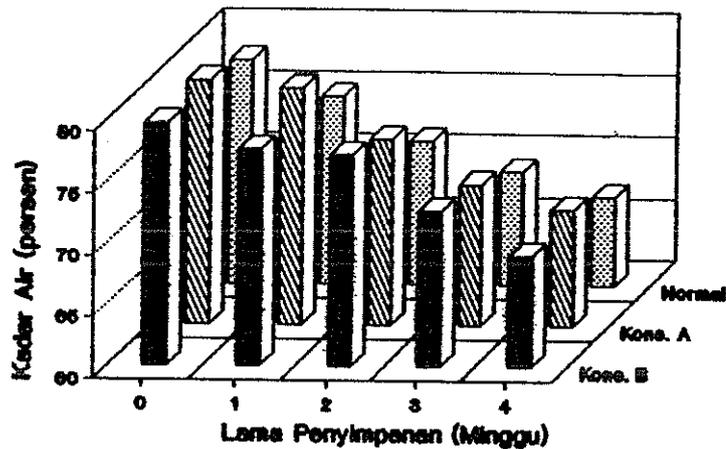
kan pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa penyimpanan pada konsentrasi 3 - 5% O_2 dan 6 - 10% CO_2 , menghasilkan susut bobot yang lebih baik dibandingkan perlakuan yang lainnya.

3. Pengaruh Konsentrasi O_2 dan CO_2 dalam Udara Kemasan terhadap Kadar Air Alpukat

Data hasil pengamatan kadar air setiap perlakuan pada konsentrasi O_2 dan CO_2 berbeda dapat dilihat pada Lampiran 1, sedangkan hasil sidik ragamnya disajikan pada Lampiran 10 - 13. Grafik kadar air tiap varietas dapat dilihat pada Gambar 12a, 12b dan 12c.

Dari hasil sidik ragam, konsentrasi O_2 dan CO_2 , varietas, serta lama penyimpanan berpengaruh sangat nyata terhadap kadar air. Demikian juga dengan interaksi antara varietas dan komposisi gas, interaksi antara varietas dan lama penyimpanan, interaksi antara komposisi gas dan lama penyimpanan berpengaruh sangat nyata, interaksi antara varietas, komposisi gas dan lama penyimpanan berpengaruh nyata.

Dari hasil pengamatan terhadap kadar air terlihat bahwa semakin lama penyimpanan kadar air buah semakin menurun. Penurunan kadar air dari buah selama penyimpanan disebabkan proses transpirasi. Laju respirasi yang tinggi dari buah akan menyebabkan proses transpirasi dari buah akan tinggi pula.

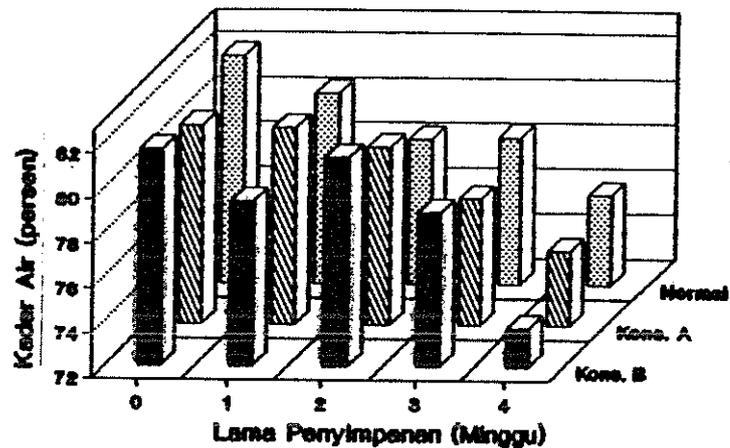


Gambar 12a. Grafik hubungan kadar air, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas Fuerte

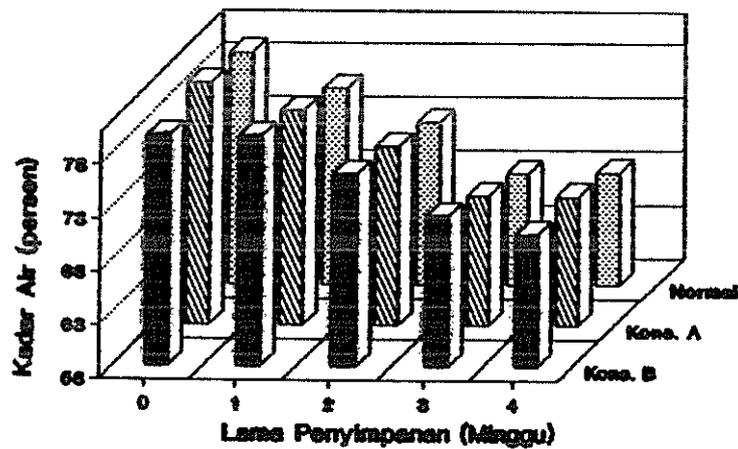
Menurut Biale dan Young (1971), kadar air buah alpukat selama penyimpanan akan mengalami penurunan. Penurunan ini sebanding dengan susut bobot yang juga disebabkan oleh transpirasi (penguapan air dari buah). Kader (1985) menyatakan bahwa kecepatan transpirasi dipengaruhi oleh faktor internal (faktor komoditi) seperti berikut ini : sifat morfologi dan karakteristik buah, rasio antara luas permukaan dan volume buah, kerusakan kulit buah dan tingkat kematangan. Faktor lain yaitu faktor eksternal (faktor lingkungan) seperti : suhu, kelembaban, kecepatan udara dan tekanan atmosfer.

Kehilangan air adalah salah satu sebab dari kerusakan buah, dan ini berpengaruh besar terhadap jumlah bobot yang hilang. Kehilangan air ini dapat juga mempengaruhi penampakan, tekstur dan nilai gizi buah. Sistem jaringan mempunyai peranan penting

terhadap pengaturan kehilangan air dari buah, yang meliputi kutikula, sel epidermis, stomata, lentisel dan trikoma (rambut pada buah) (Kader, 1985)



Gambar 12b. Grafik hubungan kadar air, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas West Indian



Gambar 12c. Grafik hubungan kadar air, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas Guatemala

Pengaturan atmosfer dan dikombinasikan dengan proses pendinginan akan didapatkan hasil respirasi buah yang lebih rendah, sehingga proses transpirasi buah juga akan menurun. Dengan menurunnya transpirasi, maka penurunan kadar air dapat dikurangi

Berdasarkan varietas maka yang mempunyai kadar air yang tinggi selama penyimpanan berturut-turut adalah West Indian, Guatemala dan Kodok (Fuerte). Sedang berdasarkan konsentrasi untuk penyimpanan, kadar air yang tinggi didapat dari 3 - 5% O_2 dan 6 - 10% CO_2 .

4. Pengaruh Konsentrasi O_2 dan CO_2 dalam Udara Kemasan terhadap Kadar Lemak Alpukat

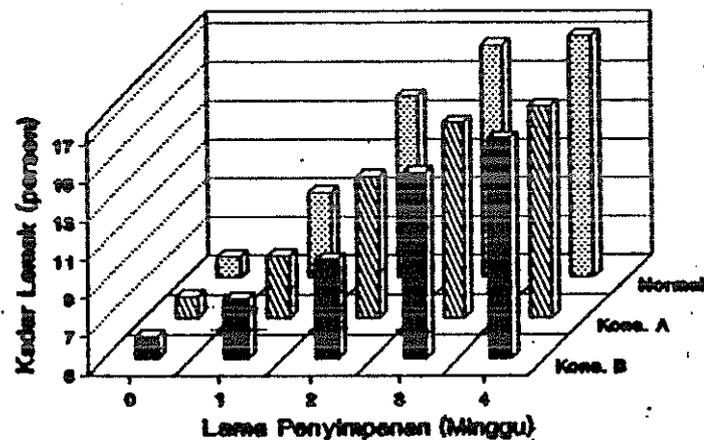
Data hasil pengamatan kadar lemak setiap perlakuan pada konsentrasi O_2 dan CO_2 berbeda dapat dilihat pada Lampiran 1, sedangkan hasil sidik ragamnya disajikan pada Lampiran 14 - 17. Grafik kadar lemak tiap varietas dapat dilihat pada Gambar 13a, 13b dan 13c.

Dari hasil sidik ragam, konsentrasi O_2 dan CO_2 , varietas, serta lama penyimpanan berpengaruh sangat nyata terhadap kadar lemak. Demikian juga dengan interaksi antara varietas dan komposisi gas, interaksi antara varietas dan lama penyimpanan, interaksi antara komposisi gas dan lama penyimpanan, serta interaksi antara varietas, komposisi gas dan lama penyimpanan berpengaruh sangat nyata.



Terdapat kecenderungan bahwa selama penyimpanan terjadi kenaikan kadar lemak. Menurut Pantastico (1986), alpukat merupakan contoh organ yang menumpuk lemak dengan baik. Menurut Biale dan Young (1971), terjadi kenaikan kandungan lemak selama pertumbuhan.

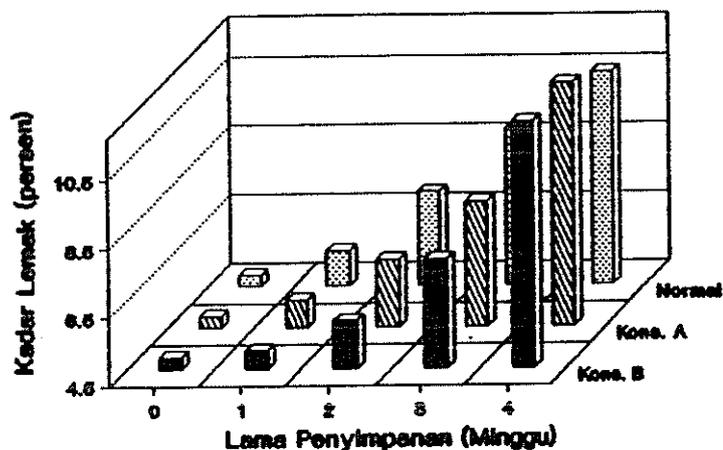
Modifikasi Atmosfer akan mempengaruhi jumlah asam lemak pada perikarp buah alpukat. Penyimpanan buah alpukat dalam atmosfer yang mengandung komposisi CO_2 5 - 6% dan O_2 1.5% akan menghasilkan kenaikan palmitat dan asam palmitoleat, disamping itu penyimpanan dengan komposisi 4 - 5% CO_2 dan 16% O_2 akan menyebabkan jumlah oleat, linoleat dan asam linoleat yang tinggi (Ahmed dan Barmore, 1980).



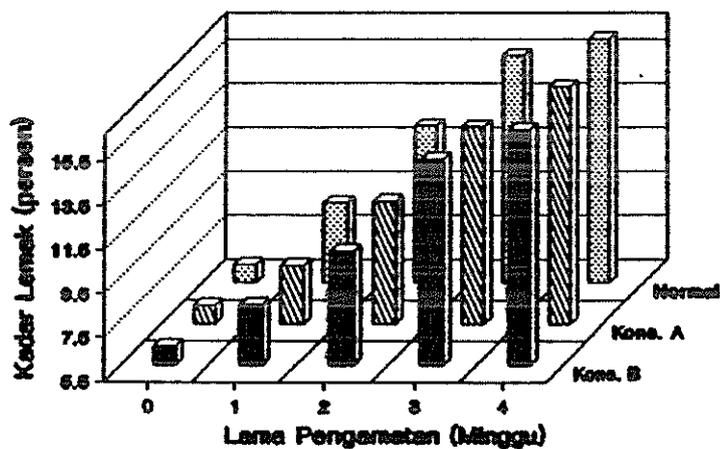
Gambar 13a. Grafik hubungan kadar lemak, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas Fuerte

Kenaikan kadar lemak selama penyimpanan disebabkan masih adanya proses metabolisme pembentukan

lemak. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan terhadap kadar lemak maka varietas Guatemala merupakan yang terbaik selanjutnya Fuerte dan West Indian.



Gambar 13b. Grafik hubungan kadar lemak, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas West Indian



Gambar 13c. Grafik hubungan kadar lemak, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas Guatemala

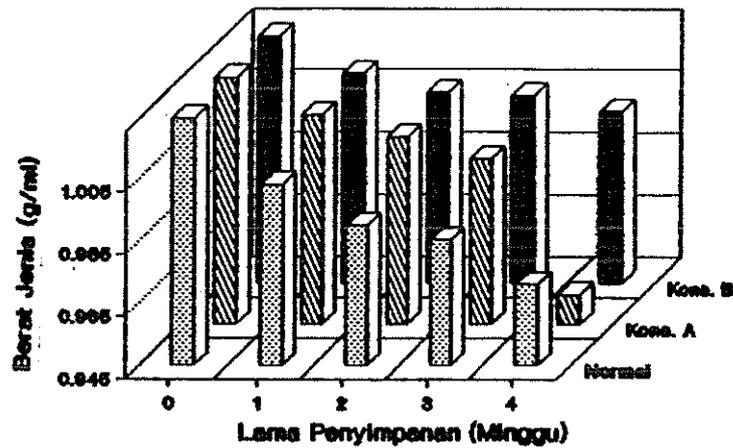
Kenaikkan kadar lemak varietas Fuerte mencapai 17.545% pada kondisi penyimpanan udara normal, sedang pada konsentrasi 3 - 5% O₂ dan 6 - 10% CO₂ kenaikkan kadar lemak mencapai 16.453%. Pada varietas West Indian mencapai 11.650%, Guatemala 16.191%.

Perlakuan konsentrasi udara penyimpanan memberikan hasil bahwa kenaikan kandungan lemak tertinggi didapat pada penyimpanan menggunakan konsentrasi udara normal, selanjutnya konsentrasi 2 - 3% O₂ dan 3 - 6% CO₂, terakhir konsentrasi 3 - 5% O₂ dan 6 - 10% CO₂.

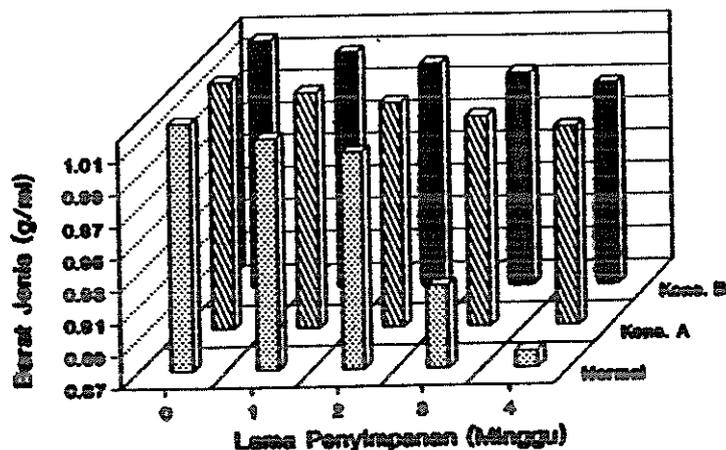
5. Pengaruh Konsentrasi O₂ dan CO₂ dalam Udara Kemas terhadap Berat Jenis Alpukat

Data hasil pengamatan berat jenis setiap perlakuan pada konsentrasi O₂ dan CO₂ berbeda dapat dilihat pada Lampiran 1, sedangkan hasil sidik ragamnya disajikan pada Lampiran 18 - 21. Grafik kadar air tiap varietas dapat dilihat pada Gambar 14a, 14b dan 14c.

Dari hasil sidik ragam, konsentrasi O₂ dan CO₂, varietas, serta lama penyimpanan berpengaruh sangat nyata terhadap berat jenis. Demikian juga dengan interaksi antara varietas dan komposisi gas, interaksi antara varietas dan lama penyimpanan, interaksi antara komposisi gas dan lama penyimpanan, serta interaksi antara varietas, komposisi gas dan lama penyimpanan berpengaruh sangat nyata.



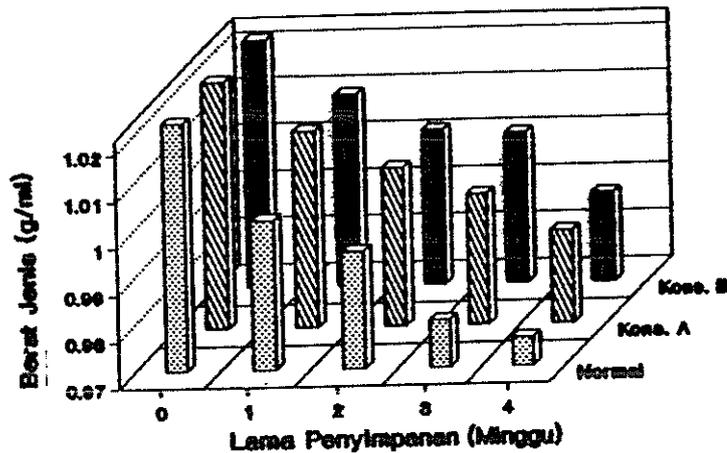
Gambar 14a. Grafik hubungan berat jenis, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas Fuerte



Gambar 14b. Grafik hubungan berat jenis, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas West Indian

Perubahan selama penyimpanan buah alpukat terhadap berat jenis cenderung menurun. Bila dihubungkan dengan susut bobot selama penyimpanan maka keadaan ini mempunyai hubungan yang erat. Dengan hilangnya bobot buah selama penyimpanan maka rasio

antara berat buah terhadap volumenya semakin mengecil, turunnya kadar air selama penyimpanan juga berhubungan dengan semakin kecilnya berat jenis.



Gambar 14c. Grafik hubungan berat jenis, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas Guatemala

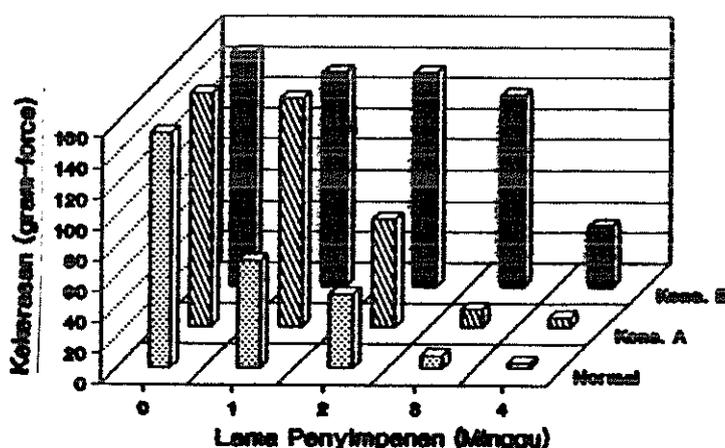
6. Pengaruh Konsentrasi O_2 dan CO_2 dalam Udara Kemasan terhadap Persentase Kerusakan Alpukat

Data hasil pengamatan persentase kerusakan setiap perlakuan pada konsentrasi O_2 dan CO_2 berbeda dapat dilihat pada Lampiran 1, sedangkan hasil sidik ragamnya disajikan pada Lampiran 22 - 25. Grafik kadar air tiap varietas dapat dilihat pada Gambar 15a, 15b dan 15c.

Dari hasil sidik ragam, konsentrasi O_2 dan CO_2 , varietas, serta lama penyimpanan berpengaruh sangat nyata terhadap persentase kerusakan. Demikian juga dengan interaksi antara varietas dan lama penyimpa-

nan, interaksi antara komposisi gas dan lama penyimpanan berpengaruh sangat nyata. Tetapi interaksi antara varietas dan komposisi gas, interaksi antara varietas, komposisi gas dan lama penyimpanan berpengaruh tidak nyata.

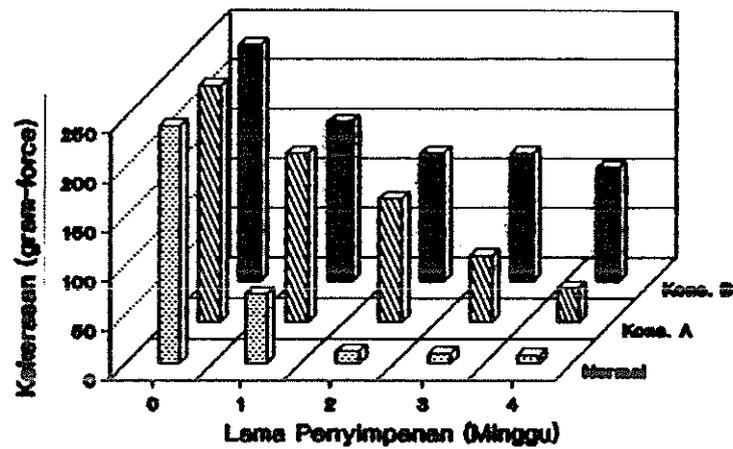
Menurut Sommer (1985) kerusakan alpukat disebabkan oleh Anthracnose (*Colletotrichum gloesporioides*) yaitu sejenis jamur/fungi yang biasanya terdapat pada daerah dimana temperatur dan kelembabannya memungkinkan untuk tumbuhnya jamur. Hifa dari jamur akan masuk menembus kulit buah dan akan menyebabkan kerusakan pada daging buah. Menurut Sommer (1985) kerusakan alpukat disebabkan oleh Anthracnose (*Colletotrichum gloesporioides*) yaitu sejenis jamur/fungi yang biasanya terdapat pada daerah dimana temperatur dan kelembabannya memungkinkan untuk tumbuhnya jamur.



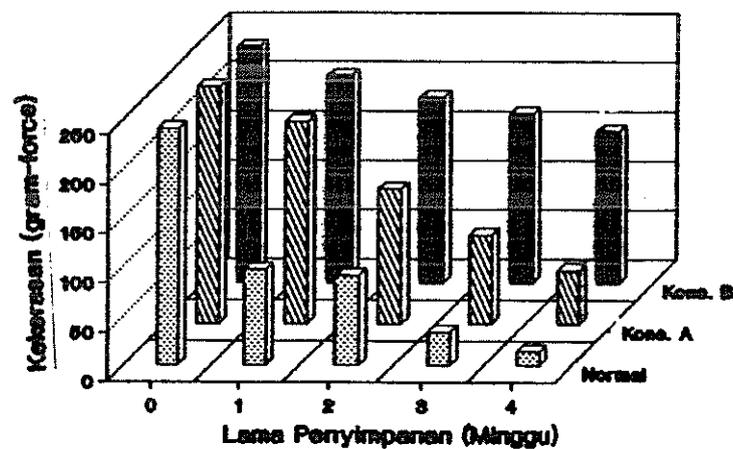
Gambar 15a. Grafik hubungan persentase kerusakan, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas Fuerte



Menurut Kader (1985), buah alpukat dapat diserang oleh satu atau lebih patogen. *Dothiorella gregaria* paling menonjol pada alpukat California. *Anthraco*se merupakan masalah pada daerah yang lembab seperti Florida.



Gambar 15b. Grafik hubungan persentase kerusakan, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas West Indian



Gambar 15c. Grafik hubungan persentase kerusakan, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas Guatemala

Modifikasi atmosfer mempunyai efek langsung maupun tidak langsung pada pertumbuhan patogen dan kerusakan lain. Peningkatan CO_2 (10 - 15%) dapat menghambat pertumbuhan *Botrytis* (Kader, 1985).

Persentase kerusakan terbesar terbesar terdapat pada penyimpanan dengan menggunakan udara normal, akan tetapi apabila digunakan konsentrasi 3 - 5% O_2 dan 6 - 10% CO_2 akan didapatkan persentase kerusakan paling kecil, yaitu untuk varietas Fuerte 8.3%, West Indian 6.8% dan Guatemala 6.1%.

Pengaruh modifikasi atmosfer terhadap persentase kerusakan sangat nyata yaitu pada konsentrasi 3 - 5% O_2 dan 6 - 10% CO_2 tingkat kerusakan buah sangat rendah.

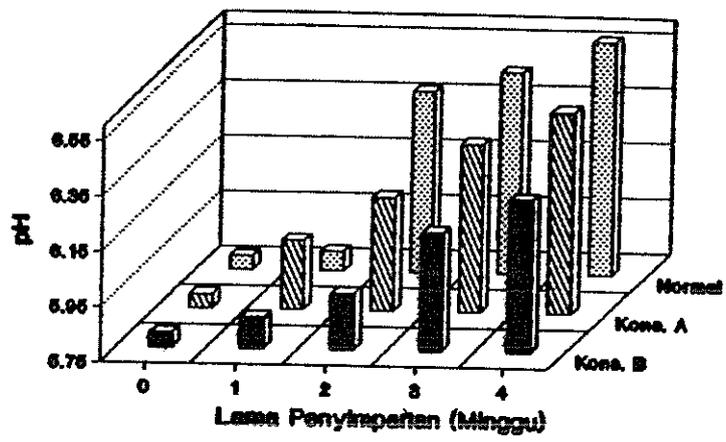
7. Pengaruh Konsentrasi O_2 dan CO_2 dalam Udara Kemasan terhadap Nilai pH Alpukat

Data hasil pengamatan pH setiap perlakuan pada konsentrasi O_2 dan CO_2 berbeda dapat dilihat pada Lampiran 1, sedangkan hasil sidik ragamnya disajikan pada Lampiran 26 - 29. Grafik kadar air tiap varietas dapat dilihat pada Gambar 16a, 16b dan 16c.

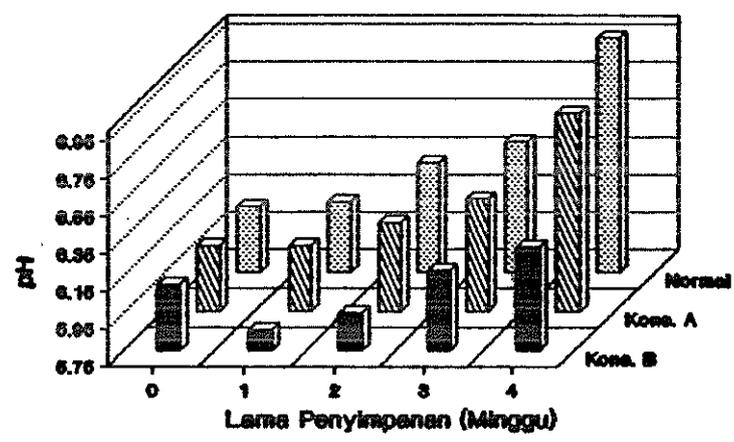
Dari hasil sidik ragam, konsentrasi O_2 dan CO_2 , varietas, serta lama penyimpanan berpengaruh sangat nyata terhadap pH. Demikian juga dengan interaksi antara komposisi gas dan lama penyimpanan, serta interaksi antara varietas, komposisi gas dan lama penyimpanan berpengaruh sangat nyata. Interaksi



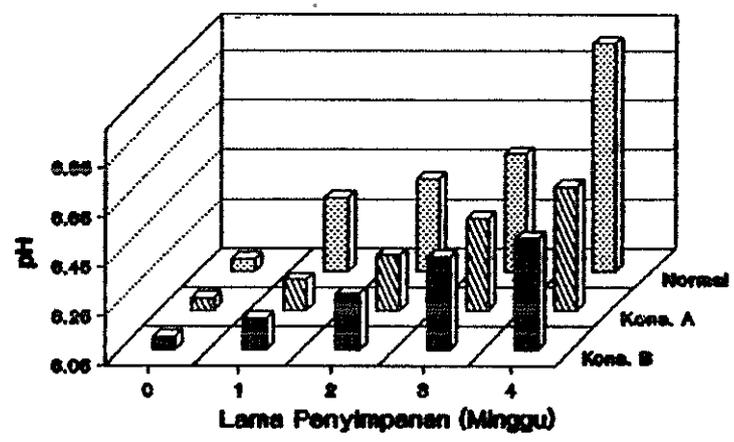
antara varietas dan komposisi gas, interaksi antara varietas dan lama penyimpanan berpengaruh nyata.



Gambar 16a. Grafik hubungan pH, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas Fuerte



Gambar 16b. Grafik hubungan pH, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas West Indian



Gambar 16c. Grafik hubungan pH, komposisi gas dan lama penyimpanan pada varietas Guatemala

Dari hasil pengamatan terhadap pH, terlihat bahwa semakin lama penyimpanan pH semakin naik, yang berarti keasamannya makin berkurang. Naiknya pH disebabkan oleh proses metabolisme asam-asam organik menjadi asam-asam lemak.

8. Pengaruh Konsentrasi O₂ dan CO₂ dalam Udara Kemasan terhadap Kondisi Visual Buah Alpukat

Buah alpukat pada kondisi penyimpanan udara normal (21% O₂ dan 0.03% CO₂) lebih cepat mengalami kerusakan, yaitu pada varietas Fuerte setelah satu minggu penyimpanan.

Pada kondisi penyimpanan dengan konsentrasi 2 - 3% O₂ dan 3 - 6% CO₂ kerusakan dapat diperlambat, akan tetapi kerusakan dapat dengan nyata diperlambat dengan kondisi penyimpanan konsentrasi 3 - 5% O₂ dan 6 - 10% CO₂. Hasil pengamatan visual buah

Hal yang harus dihindari dalam penggunaan alat-alat tersebut adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan alat-alat tersebut harus dilakukan secara hati-hati, terutama bagian-bagian yang tajam, penutup, dan sebagainya.
2. Penggunaan alat-alat tersebut harus dilakukan dengan cara yang benar.
3. Penggunaan alat-alat tersebut harus dilakukan dengan cara yang benar.

alpukat selama penyimpanan dapat dilihat pada Lampiran 30.

Terjadi perubahan warna kulit selama penyimpanan yaitu dari hijau segar menjadi coklat kehitaman dan mungkin dapat ditumbuhi jamur (warna putih). Perubahan warna akan nampak sekali pada kontrol (21 % O_2 dan 0.03 % CO_2), kerusakan warna kulit sudah tampak pada penyimpanan selama 2 minggu. Pada penyimpanan dengan konsentrasi gas 2-3 % O_2 dan 3-6 % CO_2 warna dapat dipertahankan selama penyimpanan 3 minggu, sedang pada penyimpanan dengan menggunakan konsentrasi gas 3-5 % O_2 dan 6-10 % CO_2 warna akan dapat dipertahankan selama 4 minggu.

Kerusakan warna buah disebabkan oleh terdegradasinya klorofil, karena adanya klorofilase. Berdasarkan sifat kimiawinya, kegiatan hidrolitik klorofilase, yang memecah klorofil menjadi bagian fitol dan inti porfirin yang masih utuh, maka klorofilida yang bersangkutan tidak akan mengakibatkan perubahan warna. Klorofil dalam medium asam dapat kehilangan Mg^{++} yang ada di pusat gugus porfirinnya, dan berubah menjadi feofitin; barulah akan berubah warna, tetapi bukan hilangnya warna hijau (Pantastico, 1986)

Pada pengamatan terhadap kulit buah dapat disimpulkan bahwa konsentrasi 3-5 % O_2 dan 6-10 % CO_2 merupakan konsentrasi yang terbaik dalam mempertahankan ketegaran kulit buah, dimana pada penyimpanan



selama 4 minggu kulit buah masih kencang. Pada penyimpanan dengan menggunakan konsentrasi 2-3 % O_2 dan 3-6 % CO_2 ketegaran masih dapat dipertahankan selama 3 minggu kecuali pada varietas Guatemala yaitu selama 4 minggu. Pada kontrol ketegaran hanya dapat dipertahankan selama 1 minggu.

Dari hasil pengamatan visual konsentrasi terbaik untuk penyimpanan adalah 3 - 5% O_2 dan 6 - 10% CO_2 .

Pengaruh konsentrasi gas O_2 dan CO_2 terhadap masa simpan buah alpukat sangat nyata terlihat. Hal ini berdasarkan analisa yang dilakukan terhadap kekerasan, susut bobot, kadar air, kadar lemak, berat jenis persentase kerusakan dan nilai pH serta pengamatan visual buah.

Hasil yang didapatkan yaitu bahwa konsentrasi 3-5 % O_2 dan 6 - 10 % CO_2 merupakan kombinasi konsentrasi yang optimum untuk penyimpanan buah alpukat. Konsentrasi 2-3 % O_2 dan 3-6 % CO_2 ternyata belum dapat menghambat kemasakan dari buah alpukat, hal ini disebabkan oleh konsentrasi gas O_2 yang rendah dapat menyebabkan terjadinya respirasi yang anaerobik (tanpa menggunakan gas O_2), akibat lebih lanjut adalah terjadinya fermentasi.

Konsentrasi gas CO_2 yang tinggi yaitu 6-10 % akan dapat menghambat terjadinya kemasakan, hal ini didasarkan pada sistem metaloenzim, sisi aktif (*active*

site) pada substrat telah ditempati oleh gas CO_2 yang banyak terdapat dalam medium, sehingga etilen tidak dapat melaksanakan tugasnya sebagai hormon pematangan. Akibatnya buah dapat menjadi lebih lama dipertahankan kesegarannya.

Pada ketiga varietas yang dipergunakan dalam percobaan ini yang mempunyai kemampuan disimpan dan didasarkan pada pengamatan terhadap kekerasan, susut bobot, kadar air, kadar lemak, berat jenis persentase kerusakan dan pH serta pengamatan visual buah, berturut-turut sebagai berikut West Indian, Guatemala dan Fuerte.

Perbedaan ini disebabkan oleh sifat-sifat fisiologis dari masing-masing varietas, yaitu kandungan lemak, dan ketebalan dari kulit buah.

C. PENENTUAN JENIS FILM KEMASAN

Dalam menentukan jenis film kemasan yang memenuhi syarat, maka harus diketahui terlebih dahulu permeabilitas film kemasan yang dibutuhkan. Untuk itu diperlukan parameter-parameter lain yaitu bobot alpukat yang dikemas (W), volume bebas-kemasan (V) dan luas permukaan transmisi gas (S).

Data hasil pengukuran terhadap bobot alpukat, volume bebas kemasan dan luas transmisi gas dari tiga kali ulangan dan tiga varietas alpukat yang dikemas dalam mangkuk polystyrene dan dibungkus plastik disajikan pada Tabel 3.

Hasil pengukuran rata-rata menunjukkan bahwa bobot alpukat yang dikemas untuk varietas Fuerte adalah 0.590 kg, volume bebas adalah 236.5 cc dan luas permukaan transmisi adalah 0.03201 m². Untuk varietas West Indian, bobot alpukat adalah 0.629 kg, volume bebas adalah 210.6 cc dan luas permukaan transmisi adalah 0.03211 m².

Tabel 3. Data Hasil Pengukuran Bobot Alpukat (kg) Volume Bebas (cc) dan Luas Permukaan (m²)

| Ulangan | Bobot Alpukat (kg) | Volume Bebas Kemasan (cc) | Luas Permukaan Kemasan (m ²) |
|--------------------|--------------------|---------------------------|--|
| Fuerte | | | |
| 1 | 0.587 | 240.6 | 0.03187 |
| 2 | 0.591 | 237.7 | 0.03207 |
| 3 | 0.592 | 234.2 | 0.03209 |
| Rata-rata | 0.590 | 236.5 | 0.03201 |
| West Indian | | | |
| 1 | 0.631 | 210.4 | 0.03212 |
| 2 | 0.618 | 213.2 | 0.03203 |
| 3 | 0.638 | 208.2 | 0.03218 |
| Rata-rata | 0.629 | 210.6 | 0.03211 |
| Guatemala | | | |
| 1 | 0.612 | 214.5 | 0.03210 |
| 2 | 0.607 | 221.3 | 0.03205 |
| 3 | 0.611 | 214.9 | 0.03209 |
| Rata-rata | 0.610 | - 216.9 | 0.03208 |

Untuk varietas Guatemala, bobot alpukat adalah 0.610 kg, volume bebas adalah 216.9 cc dan luas permukaan transmisi adalah 0.03208 m². Semakin bobot buah alpukat yang dimasukkan ke dalam kemasan maka semakin kecil ruang bebas dalam kemasan tersebut dan semakin besar luas permukaan transmisinya.

Berdasarkan data tersebut, permeabilitas film kemasan dihitung dengan menggunakan persamaan (9) dan (10). Hasil perhitungan permeabilitas film kemasan disajikan pada Tabel 4, dan contoh perhitungan untuk varietas Fuerte adalah sebagai berikut :

Diketahui :

| | |
|------------------------------|------------------------------------|
| R_y (15°C) | = 8.89036 cc/kg.jam |
| R_z (15°C) | = 20.09595 cc/kg.jam |
| W (bobot alpukat) | = 0.590 kg |
| S (luas kemasan) | = 0.03201 m^2 |
| V (volume bebas) | = 236.5 cc |
| y_a (O_2 luar) | = 21 % |
| z_a (CO_2 luar) | = 0.03 % |
| O_2 optimum | = 3 - 5 % (y_{eqi} diharapkan) |
| CO_2 optimum | = 6 - 10 % (z_{eqi} diharapkan) |

maka permeabilitas terhadap O_2 yang dibutuhkan :

$$K_y \text{ min} = \frac{W \cdot R_y}{S \cdot (y_a - y_{eqi})}$$

$$= \frac{0.590 \times 8.89036}{0.03201 (0.21 - 0.03)}$$

$$= 910.3600 \text{ cc/m}^2 \cdot \text{jam}$$

$$K_y \text{ max} = \frac{0.590 \times 8.89036}{0.03201 (0.21 - 0.05)}$$

$$= 1024.1550 \text{ cc/m}^2 \cdot \text{jam}$$

Permeabilitas terhadap O_2 yang dibutuhkan adalah antara : 910.3600 sampai 1024.1550 $\text{cc/m}^2 \cdot \text{jam}$

Sedangkan permeabilitas terhadap CO_2 dibutuhkan adalah :

$$\begin{aligned} K_z \text{ min} &= \frac{W \cdot R_z}{S \cdot (z_{\text{eqi}} - z_a)} \\ &= \frac{0.590 \times 20.09595}{0.03201 (0.1 - 0.0003)} \\ &= 3715.1788 \text{ cc/m}^2 \cdot \text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_z \text{ max} &= \frac{0.590 \times 20.09595}{0.03201 (0.06 - 0.0003)} \\ &= 6204.4108 \text{ cc/m}^2 \cdot \text{jam} \end{aligned}$$

Permeabilitas terhadap CO_2 yang dibutuhkan adalah pada selang : 3715.1788 - 6204.4108 $\text{cc/m}^2 \cdot \text{jam}$

Tabel 4. Hasil Perhitungan Permeabilitas Film Kemasan Terhadap O_2 dan CO_2 yang Dibutuhkan untuk Berbagai Varietas

| Permeabilitas Film Kemasan | Fuerte | West Indian | Guatemala |
|----------------------------|-----------|-------------|-----------|
| $K_y \text{ min}$ | 910.3600 | 892.1531 | 898.1696 |
| $K_y \text{ max}$ | 1024.1550 | 1003.6722 | 1010.4408 |
| $K_z \text{ min}$ | 3715.1788 | 4378.5347 | 4405.6600 |
| $K_z \text{ max}$ | 6204.4108 | 7312.2263 | 7357.5260 |

Keterangan :

K_y = permeabilitas terhadap O_2 ($\text{cc/m}^2 \cdot \text{kg}$)

K_z = permeabilitas terhadap CO_2 ($\text{cc/m}^2 \cdot \text{kg}$)

Hasil dari perhitungan, maka permeabilitas film kemasan untuk varietas Fuerte untuk O_2 adalah 910.3600 - 1024.1550 $\text{cc/m}^2 \cdot \text{jam}$, terhadap CO_2 adalah 3715.1788 - 6204.4108 $\text{cc/m}^2 \cdot \text{jam}$. Varietas West Indian untuk O_2 adalah 892.1531 - 1003.6722 $\text{cc/m}^2 \cdot \text{jam}$, terhadap CO_2

adalah 4378.5347 - 7312.2263 cc/m².jam. Sedang varietas Guatemala untuk O₂ adalah 898.1696 - 1010.4408 cc/m².jam, terhadap CO₂ adalah 4405.6600 - 7357.5260' cc/m².jam.

Berdasarkan data permeabilitas pada Tabel 5, kemasan plastik yang mempunyai selang permeabilitas antara maksimum dan minimumnya adalah PVC (Filmco Int. Ltd)

Tabel 5. Permeabilitas terhadap O₂ dan CO₂ Beberapa Jenis Kemasan Plastik^a

| Jenis Kemasan Film Plastik | Permeabilitas (cc/m ² .jam) | |
|----------------------------|--|-----------------|
| | O ₂ | CO ₂ |
| PVC (AK) | 142.5 | 714.2 |
| PVC (GPW) | 916.67 | 5833.34 |
| LDPE (25 µm) | 370.83 | 1962.5 |
| LDPE (35 µm) | 245.83 | 1291.67 |
| PP (29 µm) | 272.31 | 885.83 |

Keterangan :

PVC (AK) berasal dari PT. Argha Karya, Citeureup
 PVC (GPW/Green Produce Wrap) dari Filmco Int. Ltd., USA
 LDPE dan PP berasal dari Pasar Anyar, Bogor

^aHasil pengukuran di PT. MGA Jakarta

Hasil pengamatan visual terhadap pengembunan uap air pada permukaan kemasan plastik yang digunakan untuk membungkus alpukat dalam mangkok polystyrene selama 29 hari, dapat dilihat pada Tabel 6.

Pengembunan uap air yang berlebihan pada kemasan akan mempercepat kerusakan akibat mikroorganismenya. Hal ini sesuai dengan hasil pengamatan visual dimana alpukat yang dikemas dengan plastik LDPE, PP dan PVC meng-

hasilkan penampakan yang kurang disukai, dibandingkan dengan menggunakan PVC film. Pengembunan ini akan menyebabkan pertumbuhan jamur yang berwarna, keputihan. Akibat lanjut dari keadaan ini maka buah akan mengalami fermentasi, sehingga buah berbau alkohol serta tekstur rusak.

Tabel 6. Hasil Pengamatan Pengembunan Uap Air di Permukaan Kemasan

| Jenis Kemasan Film Plastik | Varietas | | |
|----------------------------|----------|-------------|-----------|
| | Fuerte | West Indian | Guatemala |
| PVC (Argha Karya) | +++ | ++++ | +++ |
| PVC (Filmco Int. Ltd) | - | - | - |
| LLDPE (25 μm) | +++++ | +++++ | +++++ |
| LLDPE (35 μm) | ++++ | ++++ | ++++ |
| PP (29 μm) | ++++ | +++++ | +++++ |

Keterangan :

Semakin banyak (+), makin tinggi pengembunan

Tabel 7. Laju Transmisi Uap Air dan Ketebalan Film Beberapa Jenis Kemasan Plastik^a

| Jenis Kemasan Film Plastik | Ketebalan (μm) | Laju Transmisi Uap Air ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$) |
|----------------------------|-----------------------------|--|
| PVC (Argha Karya) | 35 | 39 |
| PVC (Filmco Int. Ltd) | 12.5 | 600 |
| LLDPE | 25 | 8.8 |
| LLDPE | 35 | 16.9 |
| PP | 29 | 10.9 |

^aHasil pengukuran di PT. MGA, Jakarta

Pengembunan uap air pada permukaan kemasan terjadi karena air yang dihasilkan oleh proses respirasi. Uap

air yang dihasilkan dari proses respirasi akan merembes ke luar kemasan sebanding dengan permeabilitas kemasan terhadap uap air. Permeabilitas kemasan dapat di lihat pada Tabel 7.

Tahap selanjutnya adalah melakukan pendugaan terhadap konsentrasi kesetimbangan O_2 dan CO_2 dalam kemasan. Data hasil pengamatan terhadap konsentrasi gas O_2 dan CO_2 pada alpukat yang dikemas dengan mangkuk polystyrene dan plastik PVC (Green Produce Wrap), dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengamatan Konsentrasi O_2 dan CO_2 yang dikemas dengan "PVC Green Produce Wrap"

| Waktu Pengamatan (jam) | Fuerte | | West Indian | | Guatemala | |
|---------------------------|--------|--------|-------------|--------|-----------|--------|
| | O_2 | CO_2 | O_2 | CO_2 | O_2 | CO_2 |
| 0 | 21 | 0.03 | 21 | 0.03 | 21 | 0.03 |
| 4 | 15.5 | 2.6 | 15.5 | 3.9 | 15 | 3.6 |
| 8 | 11 | 4.5 | 11.5 | 5.7 | 10.5 | 5.8 |
| 12 | 6 | 5.9 | 6.2 | 6.3 | 6.2 | 6.2 |
| 16 | 5.6 | 6.5 | 5.6 | 6.5 | 5.6 | 6.5 |
| 20 | 4.4 | 6.6 | 5.1 | 6.6 | 4.8 | 6.6 |
| 24 | 4.1 | 6.4 | 4.3 | 6.7 | 4.4 | 6.7 |
| 28 | 4 | 6.5 | 4.2 | 6.8 | 4.3 | 6.8 |
| 32 | 4.1 | 6.6 | 4.2 | 7.3 | 4.2 | 7.3 |
| 36 | 3.8 | 6.5 | 4 | 7.4 | 4 | 7.4 |
| 40 | 3.6 | 6.4 | 3.8 | 7.5 | 3.8 | 7.4 |
| 44 | 3.5 | 6.4 | 3.9 | 7.5 | 3.9 | 7.5 |
| 48 | 3.5 | 6.45 | 3.8 | 7.7 | 3.8 | 7.7 |
| 60 | 3.3 | 6.43 | 3.6 | 7.8 | 3.8 | 7.8 |
| 84 | 3.3 | 6.42 | 3.7 | 7.6 | 3.7 | 7.6 |
| 108 | 3.2 | 6.42 | 3.5 | 7.6 | 3.6 | 7.7 |
| 132 | 3.2 | 6.41 | 3.6 | 7.5 | 3.5 | 7.5 |

Dengan melihat data pada Tabel 9, maka konsentrasi kesetimbangan gas O_2 dan CO_2 pada suhu $15^\circ C$ adalah 3.12390% O_2 dan 6.34976% CO_2 setelah penyimpanan 120

jam untuk varietas Fuerte, sedang varietas West Indian adalah 3.48141% O₂ dan 7.48352% CO₂ setelah penyimpanan 104 jam, dan untuk varietas Guatemala adalah 3.36327% O₂ dan 7.52989% CO₂ setelah penyimpanan 116 jam.

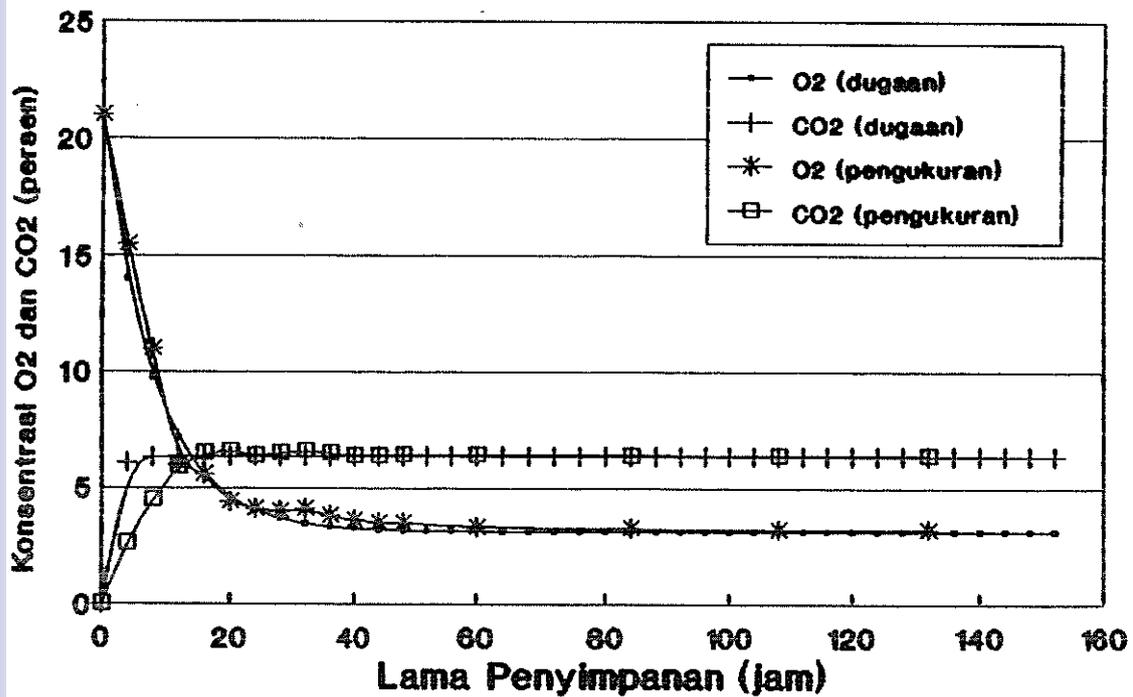
Tabel 9. Hasil Pendugaan Konsentrasi O₂ dan CO₂ yang dikemas dengan "stretch film/PVC"^a

| Waktu Pengamatan (jam) | Fuerte | | West Indian | | Guatemala | |
|---------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| | O ₂ | CO ₂ | O ₂ | CO ₂ | O ₂ | CO ₂ |
| 0 | 21 | 0.03 | 21 | 0.03 | 21 | 0.03 |
| 4 | 14.0067 | 6.07987 | 13.4976 | 7.27020 | 13.6173 | 7.29110 |
| 8 | 9.74925 | 6.33829 | 9.20818 | 7.47745 | 9.32501 | 7.52232 |
| 12 | 7.15735 | 6.34927 | 6.75569 | 7.48336 | 6.82945 | 7.52965 |
| 16 | 5.57943 | 6.34974 | 5.35348 | 7.48352 | 5.37852 | 7.52988 |
| 20 | 4.61880 | 6.34976 | 4.55176 | 7.48353 | 4.53494 | 7.52989 |
| 24 | 4.03398 | 6.34976 | 4.09339 | 7.48353 | 4.04449 | 7.52989 |
| 28 | 3.67795 | 6.34976 | 3.83131 | 7.48353 | 3.75933 | 7.52989 |
| 32 | 3.46120 | 6.34976 | 3.68147 | 7.48353 | 3.59354 | 7.52989 |
| 36 | 3.32924 | 6.34976 | 3.59579 | 7.48353 | 3.49715 | 7.52989 |
| 40 | 3.24891 | 6.34976 | 3.54681 | 7.48353 | 3.44111 | 7.52989 |
| 44 | 3.20000 | 6.34976 | 3.51880 | 7.48353 | 3.40853 | 7.52989 |
| 48 | 3.17023 | 6.34976 | 3.50279 | 7.48353 | 3.38958 | 7.52989 |
| 52 | 3.15211 | 6.34976 | 3.49364 | 7.48353 | 3.37857 | 7.52989 |
| 56 | 3.14107 | 6.34976 | 3.48840 | 7.48353 | 3.37217 | 7.52989 |
| 60 | 3.13435 | 6.34976 | 3.48541 | 7.48353 | 3.36844 | 7.52989 |
| 64 | 3.13026 | 6.34976 | 3.48370 | 7.48353 | 3.36628 | 7.52989 |
| 68 | 3.12777 | 6.34976 | 3.48272 | 7.48353 | 3.36502 | 7.52989 |
| 72 | 3.12626 | 6.34976 | 3.48216 | 7.48353 | 3.36429 | 7.52989 |
| 76 | 3.12533 | 6.34976 | 3.48184 | 7.48353 | 3.36386 | 7.52989 |
| 80 | 3.12477 | 6.34976 | 3.48166 | 7.48353 | 3.36361 | 7.52989 |
| 84 | 3.12443 | 6.34976 | 3.48155 | 7.48353 | 3.36347 | 7.52989 |
| 88 | 3.12722 | 6.34976 | 3.48149 | 7.48353 | 3.36339 | 7.52989 |
| 92 | 3.12410 | 6.34976 | 3.48146 | 7.48353 | 3.36334 | 7.52989 |
| 96 | 3.12402 | 6.34976 | 3.48144 | 7.48353 | 3.36331 | 7.52989 |
| 100 | 3.12397 | 6.34976 | 3.48143 | 7.48353 | 3.33329 | 7.52989 |
| 104 | 3.12394 | 6.34976 | 3.48142 | 7.48353 | 3.36328 | 7.52989 |
| 108 | 3.12393 | 6.34976 | 3.48142 | 7.48353 | 3.36328 | 7.52989 |
| 112 | 3.12392 | 6.34976 | 3.48142 | 7.48353 | 3.36328 | 7.52989 |
| 116 | 3.12391 | 6.34976 | 3.48142 | 7.48353 | 3.36327 | 7.52989 |
| 120 | 3.12390 | 6.34976 | 3.48142 | 7.48353 | 3.36327 | 7.52989 |
| 124 | 3.12390 | 6.34976 | 3.48142 | 7.48353 | 3.36327 | 7.52989 |
| 128 | 3.12390 | 6.34976 | 3.48142 | 7.48353 | 3.36327 | 7.52989 |
| 132 | 3.12390 | 6.34976 | 3.48142 | 7.48353 | 3.36327 | 7.52989 |
| 136 | 3.12390 | 6.34976 | 3.48142 | 7.48353 | 3.36327 | 7.52989 |

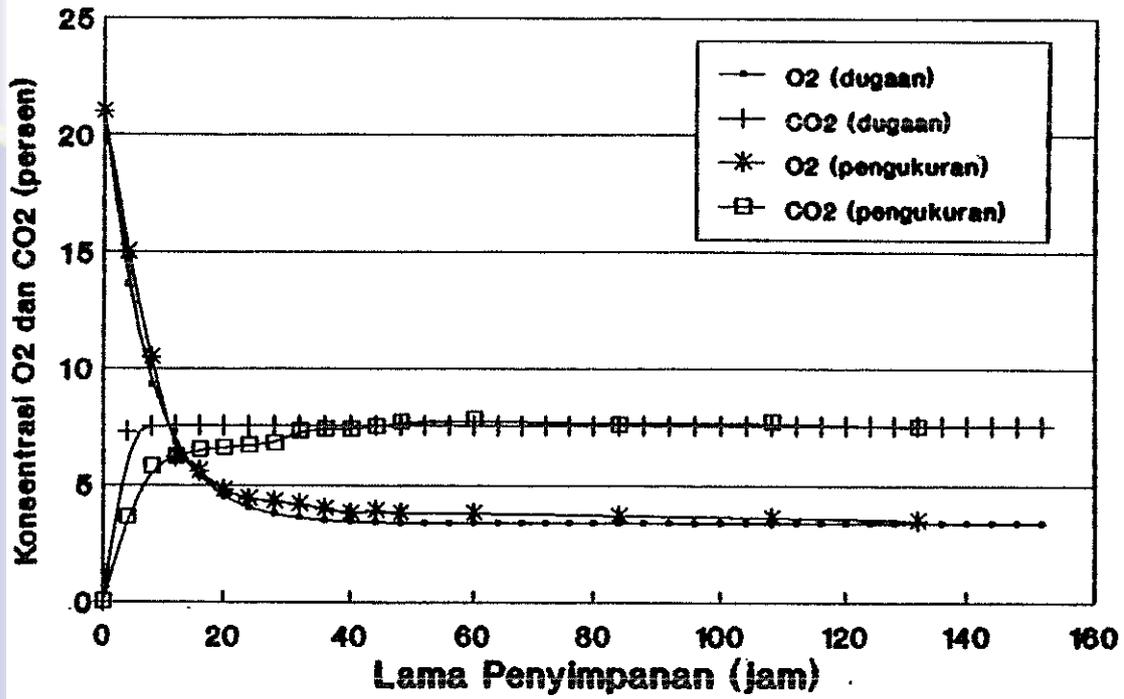
^aSimulasi dengan GW-Basic, IBM Personal Computer

Hasil dari pengamatan menunjukkan bahwa konsentrasi kesetimbangan gas O_2 dan CO_2 dalam kemasan mangkok mencapai konsentrasi optimum untuk penyimpanan alpukat segar.

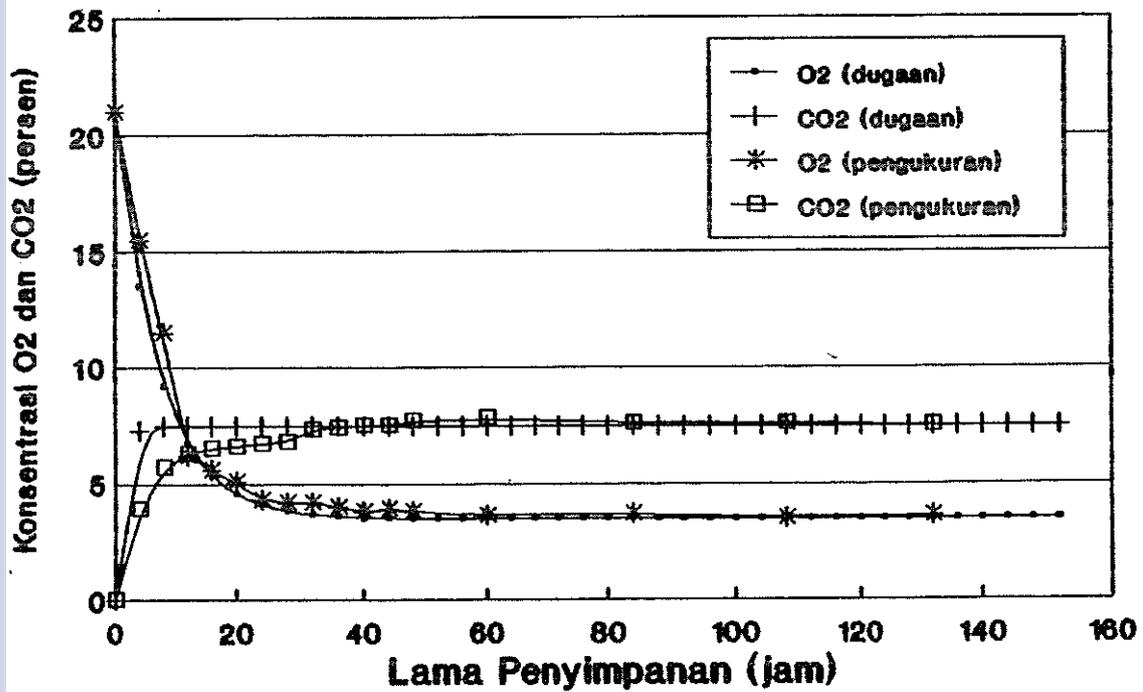
Untuk melihat perubahan konsentrasi O_2 dan CO_2 di dalam kemasan selama penyimpanan dan perbandingan dengan hasil pendugaan, maka grafik dapat dilihat pada gambar 17a, 17b dan 17c.



Gambar 17a. Grafik perubahan konsentrasi O_2 dan CO_2 hasil dugaan dan hasil pengukuran untuk varietas Fuerte



Gambar 17b. Grafik perubahan konsentrasi O₂ dan CO₂ hasil dugaan dan hasil pengukuran untuk varietas West Indian



Gambar 17c. Grafik perubahan konsentrasi O₂ dan CO₂ hasil dugaan dan hasil pengukuran untuk varietas Guatemala

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Laju respirasi dari ketiga varietas berbeda, akan tetapi rata-rata mempunyai pola yang linier selama 8 hari untuk penurunan O_2 dan 5 - 6 hari untuk kenaikan CO_2 . Laju respirasi varietas Fuerte pada suhu $15^\circ C$ adalah 8.8903 cc/kg.jam untuk konsumsi O_2 dan 20.0959 cc/kg.jam untuk produksi CO_2 , varietas West Indian 8.1978 cc/kg.jam untuk O_2 dan 22.2850 cc/kg.jam untuk CO_2 sedang varietas Guatemala 8.5023 cc/kg.jam untuk O_2 dan 23.0999 cc/kg.jam untuk CO_2 .

Kekerasan, kadar air dan berat jenis mengalami penurunan, sedang susut bobot, kadar lemak, persentase kerusakan dan nilai pH mengalami kenaikan. Konsentrasi O_2 dan CO_2 optimum untuk penyimpanan alpukat untuk ketiga varietas yaitu Fuerte, West Indian dan Guatemala adalah 3 - 5% O_2 dan 6 - 10% CO_2 .

Alpukat pada kondisi penyimpanan udara normal hanya dapat bertahan selama 5 - 8 hari, dengan kondisi penyimpanan 3 - 5% O_2 dan 6 - 10% CO_2 pada suhu $15^\circ C$ dapat diperpanjang hingga 28 - 30 hari.

Permeabilitas film kemasan untuk varietas Fuerte untuk O_2 adalah 910.3600 - 1024.1550 cc/m².jam, terhadap CO_2 adalah 3715.1788 - 6204.4108 cc/m².jam. Varietas West Indian untuk O_2 adalah 892.1531 - 1003.6722 cc/m².jam, terhadap CO_2 adalah 4378.5347 - 7312.2263

cc/m².jam. Sedang varietas Guatemala untuk O₂ adalah 898.1696 - 1010.4408 cc /m².jam, terhadap CO₂ adalah 4405.6600 - 7357.5260 cc /m².jam.

Pemilihan plastik PVC (Green Produce Wrap) buatan Filmco International, Ltd., USA didasarkan pada permeabilitasnya yaitu 916.67 cc/m².jam untuk O₂ dan 5833.34 cc/m².jam memenuhi batas permeabilitas yang dibutuhkan.

Pendugaan konsentrasi kesetimbangan gas O₂ dan CO₂ yang dilakukan menghasilkan hasil yang mendekati hasil pengukuran yaitu konsentrasi kesetimbangan varietas Fuerte 3.12390% O₂ dan 6.34976% CO₂, varietas West Indian 3.48141% O₂ dan 7.48352% CO₂ sedang varietas Guatemala 3.336327% O₂ dan 7.52989% CO₂.

Pengemasan alpukat dengan sistem "modified atmosphere" dengan menggunakan plastik film PVC (Green Produce Wrap), produksi Filmco International, Ltd., USA dengan ketebalan 12.5 µm dapat memperpanjang masa simpan buah alpukat hingga 28 - 30 hari, dan akan dicapai kondisi atmosfer optimum (3 - 5% O₂ dan 6 - 10% CO₂) dalam waktu ± 20 jam setelah buah dikemas (passive modified atmosphere).

B. SARAN

Perlu adanya penelitian lebih lanjut terhadap optimasi yang meliputi rasio berat per volume bebas, luas permukaan transmisi gas dan permeabilitas plastik terhadap O₂ dan CO₂, agar didapatkan kemasan yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, M. dan Barmore, R. 1980. Avocado. di dalam Nogy, S. dan Shaw, P.E. Tropical and Subtropical Fruits. AVI Publ. Inc. Westport, Connecticut.
- Biale, J.B. 1960. Biochemistry of tropical and subtropical fruits. di dalam Arichestar, C.O., Mrak, E.M. dan Stewart, G.F. Advance in Food Research. Academic Press, London.
- Biale, J.B. dan Young, R.E. 1971. The avocado pear. di dalam Hulme, A.C. 1971. The Biochemistry of Fruit and Their Produce. vol 2. Academic Press, London.
- Buckle, K.A., Edward, R.A., Flet, G.H., Wootton. 1987. Ilmu Pangan. Penerjemah Hari Purnomo. UI Press, Jakarta
- Chandler, W.H. 1958. Evergreen Orchards. 2nd ed. Lea & Febiger, Philadelphia.
- Chaplin, G.R. dan Hawson, M.G. 1981. Extending postharvest life of unrefrigerated avocado (*Persea americana* Mill.) fruit by storage in polyethylene bags. *Scientia Hortic.*, 14:219-226.
- Chichester, C.O., et al. 1960. Advances In Food Research. Academic Press, London.
- Deily. K.R. dan Rizvi, S.S. 1981. Optimization of parameters for packaging of fresh peaches in polymeric film. *J. Food. Process Eng.*, 5:23-41.
- Desroiser, N.W. dan Desroiser, J.N. 1978. The Technology of Food Preservation. The AVI Publ. Co. Inc., Westport, Connecticut.
- Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. 1989. Laporan Perkembangan Luas Panen dan Produksi Buah-buahan, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. 1989. Konsep Standar Buah-buahan, Jakarta.
- Do, J.Y. dan Salunkhe. 1986. Penyimpanan dengan udara terkendali, pertimbangan-pertimbangan biokimia. di dalam Er. B. Pantastico (ed.). Fisiologi pasca panen, penanganan dan pemanfaatan buah-buahan dan sayur-sayuran tropika dan subtropika. (Terjemahan Kamariyani). Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

- Eaks, L.I. 1978. Ripening, respiration, and ethylene production of "hass" avocado fruits at 20° to 40°C. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103(5):76-578.
- FAO. 1981. Food loos preservation in perishable crop. Food and Agricultural Organization of the United Nation, Rome.
- Fardiaz, D., A. Apriyantono, S. Yasni, S. Budiyanto, N. Puspitasari. 1986. Penuntun Praktikum Analisa Pangan. Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, Fateta IPB, Bogor.
- Farida, I. 1991. Daya Simpan Buah Avokad (*Persea americana* Mill) Pada Atmosfir Termodifikasi dalam Ruang Dingin Pada Pasar Swalayan. Skripsi. Fateta, IPB, Bogor.
- Hayakawa, K., Henig, Y. dan Gilbert, S.G. 1975. Formulae for predicting gas exchange of fresh produce in polymeric film package. *J. Food Sci.* 40: 186-191.
- Henig, Y.S. and Gilbert, S.G. 1975. Computer analysis of the variables affecting respiration and quality of produce packaged in polymeric films. *J. Food Sci.* 40:1033.
- Hulme, A.C. 1971. The Biochemistry of Fruit and Their Produce. vol 2. Academic Press, London.
- Kader, A.A. dan L.L. Morris. 1977. Relative Tolerance of Fruits and Vegetables to Elevated CO₂ and Reduced O₂ Level. Michigan State University.
- Kader, A.A. 1985. Postharvest Technology of Horticultural Crops. Agricultural of Natural Resources Publ. University of California, Berkeley.
- Lee, S.K. dan Young, R.E. 1984. Temperature sensitivity of avocado fruits in relation to C₂H₄ treatment. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 109(5):689-692.
- Miller, C.D. dan Bazole, K. 1945. Fruits of Hawaii : Description Nutritive Value and Use. University of Hawaii, Hawaii.
- Pantastico, E.B. 1986. Fisiologi Pasca Panen, Penanganan dan Pemanfaatan Buah-buahan dan Sayur-sayuran Tropika dan Subtropika. Penerjemah Kamaryani. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Purwadaria, H.K., Setiawan, Y.Y., Rusmono, M. 1990. Simulasi Model Pendugaan Masa Simpan Tomat Segar dalam Sistem "Modified Atmosphere". Laporan Penelitian. Fateta, IPB, Bogor.



L A M P I R A N

Lampiran 1. Rekapitulasi data kekerasan, susut bobot, kadar air, kadar lemak, berat jenis, persentase kerusakan, pH

| Sampel | Kekerasan (gram-force) | Susut Bobot (%) | Kadar Air (%) | Kadar Lemak (%) | Berat Jenis (g/ml) | Persentase Kerusakan (%) | pH |
|--------|---------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------------|--------|
| a1b1c1 | 152.5 | 0.0 | 78.079 | 6.215 | 1.02400 | 0.0 | 5.8 |
| a1b1c2 | 70.0 | 2.04 | 75.475 | 9.439 | 1.00300 | 1.9 | 5.82 |
| a1b1c3 | 48.0 | 3.34 | 71.590 | 14.447 | 0.99000 | 8.9 | 6.405 |
| a1b1c4 | 8.0 | 3.77 | 69.221 | 17.071 | 0.98500 | 79.0 | 6.475 |
| a1b1c5 | 3.35 | 5.18 | 67.245 | 17.545 | 0.97100 | 100.0 | 6.59 |
| a1b2c1 | 151.9 | 0.0 | 79.804 | 6.215 | 1.02400 | 0.0 | 5.8 |
| a1b2c2 | 148.175 | 1.11 | 79.189 | 8.282 | 1.01262 | 1.3 | 6.0 |
| a1b2c3 | 70.5 | 1.79 | 75.047 | 12.384 | 1.00565 | 1.8 | 6.16 |
| a1b2c4 | 11.67 | 2.5 | 71.480 | 15.175 | 0.99834 | 8.4 | 4.2525 |
| a1b2c5 | 6.325 | 2.785 | 69.482 | 16.037 | 0.96198 | 18.4 | 6.475 |
| a1b3c1 | 151.78 | 0.0 | 79.665 | 6.215 | 1.02400 | 0.0 | 5.8 |
| a1b3c2 | 139.5 | 1.075 | 77.547 | 8.090 | 1.01272 | 0.9 | 5.86 |
| a1b3c3 | 138.5 | 1.64 | 77.115 | 10.161 | 1.00715 | 1.6 | 5.95 |
| a1b3c4 | 124.34 | 1.82 | 72.617 | 14.650 | 1.00539 | 5.9 | 6.175 |
| a1b3c5 | 39.5 | 2.265 | 69.033 | 16.453 | 1.00300 | 8.3 | 6.3 |
| a2b1c1 | 240.21 | 0.0 | 82.154 | 4.832 | 1.02300 | 0.0 | 6.1 |
| a2b1c2 | 69.5 | 0.5 | 80.865 | 5.529 | 1.01550 | 1.3 | 6.125 |
| a2b1c3 | 12.0 | 1.9 | 78.456 | 7.237 | 1.00400 | 5.8 | 6.335 |
| a2b1c4 | 12.5 | 10.925 | 77.560 | 9.039 | 0.92100 | 80.0 | 6.445 |
| a2b1c5 | 8.0 | 13.96 | 76.014 | 10.706 | 0.88000 | 100.0 | 7.0 |
| a2b2c1 | 239.28 | 0.0 | 80.865 | 4.832 | 1.02300 | 0.0 | 6.1 |
| a2b2c2 | 171.25 | 1.0075 | 80.772 | 5.298 | 1.01655 | 1.2 | 6.1 |
| a2b2c3 | 125.0 | 1.5425 | 79.933 | 6.472 | 1.00731 | 2.13 | 6.225 |
| a2b2c4 | 67.335 | 2.095 | 77.650 | 8.134 | 1.00251 | 7.2 | 6.35 |
| a2b2c5 | 34.0 | 4.335 | 75.358 | 11.593 | 0.97973 | 14.4 | 6.805 |
| a2b3c1 | 239.34 | 0.0 | 81.623 | 4.832 | 1.02300 | 0.0 | 6.1 |
| a2b3c2 | 161.55 | 1.5 | 79.312 | 5.892 | 1.01593 | 0.9 | 5.86 |
| a2b3c3 | 129.5 | 1.52 | 81.290 | 5.028 | 1.00837 | 1.7 | 5.95 |
| a2b3c4 | 129.2 | 2.165 | 78.853 | 7.677 | 1.00201 | 3.12 | 6.175 |
| a2b3c5 | 115.0 | 2.825 | 73.703 | 11.650 | 0.99510 | 6.8 | 6.3 |
| a3b1c1 | 239.45 | 0.0 | 79.680 | 6.342 | 1.02300 | 0.0 | 6.1 |
| a3b1c2 | 96.0 | 2.09 | 76.309 | 9.646 | 1.00200 | 1.1 | 6.35 |
| a3b1c3 | 90.0 | 2.74 | 73.160 | 14.447 | 0.99500 | 5.1 | 6.425 |
| a3b1c4 | 33.4 | 4.24 | 68.427 | 17.249 | 0.98000 | 74.2 | 6.525 |
| a3b1c5 | 13.835 | 4.67 | 68.539 | 17.983 | 0.97600 | 100.0 | 6.99 |
| a3b2c1 | 240.1 | 0.0 | 80.663 | 6.342 | 1.02300 | 0.0 | 6.1 |
| a3b2c2 | 205.005 | 1.255 | 78.041 | 8.161 | 1.01106 | 1.2 | 6.175 |
| a3b2c3 | 136.67 | 1.795 | 74.766 | 12.069 | 1.00557 | 1.7 | 6.275 |
| a3b2c4 | 90.0 | 2.63 | 70.173 | 15.576 | 0.99703 | 4.1 | 6.425 |
| a3b2c5 | 54.175 | 3.18 | 70.131 | 16.690 | 0.99179 | 12.29 | 6.55 |
| a3b3c1 | 239.87 | 0.0 | 79.562 | 6.342 | 1.02300 | 0.0 | 6.1 |
| a3b3c2 | 210.0 | 1.37 | 79.459 | 8.248 | 1.00989 | 0.8 | 6.175 |
| a3b3c3 | 187.505 | 2.22 | 75.996 | 10.676 | 1.00122 | 1.5 | 6.275 |
| a3b3c4 | 171.55 | 2.46 | 72.029 | 14.840 | 0.99785 | 2.5 | 6.425 |
| a3b3c5 | 153.97 | 3.2 | 70.385 | 16.191 | 0.99008 | 6.1 | 6.565 |

a = Varietas (1= Fuerte, 2= West Indian, 3= Guatemala)

b = Komposisi Gas (1= O₂ 21% CO₂ 0.03%, 2= O₂ 2 - 3% CO₂ 3 - 6%
3= O₂ 3 - 5% CO₂ 6 - 10%)

c = Pengamatan (1= 0, 2= 1, 3= 2, 4= 3 dan 5= 4 minggu)

Lampiran 2a. Analisa sidik ragam terhadap kekerasan

| Sumber keragaman | Derajat bebas | Jumlah Kuadrat | Kuadrat tengah | Nilai-t hitung | Nilai-t tabel | |
|------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|---------------|------|
| | | | | | .05 | .01 |
| Perlakuan | 44 | 518859.250 | 11792.256 | 2878.110** | 1.69 | 2.10 |
| A | 2 | 53909.250 | 26954.625 | 6578.756** | 3.23 | 5.18 |
| B | 2 | 101620.250 | 50810.125 | 12401.115** | 3.23 | 5.18 |
| C | 4 | 293682.880 | 73420.719 | 17919.633** | 2.61 | 3.83 |
| AB | 4 | 5506.875 | 1376.719 | 336.013** | 2.61 | 3.83 |
| AC | 8 | 13313.375 | 1664.172 | 406.171** | 2.18 | 2.99 |
| BC | 8 | 42492.500 | 5311.563 | 1296.391** | 2.18 | 2.99 |
| ABC | 16 | 8334.125 | 520.883 | 127.131** | 1.92 | 2.52 |
| Galat | 45 | 184.375 | 4.097 | | | |
| Total | 89 | 519043.620 | | | | |

** berbeda sangat nyata

Lampiran 2b. Uji Duncan pengaruh varitas terhadap kekerasan

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-------------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| Guatemala | 144.102 | A | A |
| West Indian | 116.911 | B | B |
| Kodok | 84.236 | C | C |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 2c. Uji Duncan pengaruh komposisi gas terhadap kekerasan

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|---------------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| Konsentrasi B | 155.3737 | A | A |
| Konsentrasi A | 116.759 | B | B |
| Kontrol | 73.11632 | C | C |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 2d. Uji Duncan pengaruh lama penyimpanan terhadap kekerasan

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| Kontrol | 210.4922 | A | A |
| 1 minggu | 141.1644 | B | B |
| 2 minggu | 104.1861 | C | C |
| 3 minggu | 71.9994 | D | D |
| 4 minggu | 47.5728 | E | E |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 3a. Uji Duncan pengaruh interaksi varitas dan komposisi gas terhadap kekerasan

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| A3B3 | 192.579 | A | A |
| A2B3 | 154.918 | B | B |
| A3B2 | 145.19 | C | C |
| A2B2 | 127.373 | D | D |
| A1B3 | 118.624 | E | E |
| A3B1 | 94.537 | F | F |
| A1B2 | 77.71401 | G | G |
| A2B1 | 68.442 | H | H |
| A1B1 | 56.37 | I | I |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 3b. Uji Duncan pengaruh interaksi varitas dan lama penyimpanan terhadap kekerasan

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| A3C1 | 239.8067 | A | A |
| A2C1 | 239.61 | A | A |
| A3C2 | 170.335 | B | B |
| A1C1 | 152.06 | C | C |
| A3C3 | 138.058 | D | D |
| A2C2 | 134.1 | E | E |
| A1C2 | 119.0583 | F | F |
| A3C4 | 98.3167 | G | G |
| A2C3 | 88.8333 | H | H |
| A1C3 | 85.6667 | I | I |
| A3C5 | 73.9933 | J | J |
| A2C4 | 69.6783 | K | K |
| A1C4 | 52.3333 | L | L |
| A2C5 | 48.0033 | M | M |
| A1C4 | 16.3916 | N | N |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 4a. Uji Duncan pengaruh interaksi komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap kekerasan

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| B1C1 | 210.72 | A | A |
| B2C1 | 210.4267 | A | A |
| B3C1 | 210.33 | A | A |
| B2C2 | 174.81 | B | B |
| B3C2 | 170.1833 | C | C |
| B3C3 | 151.835 | D | D |
| B3C4 | 141.6967 | E | E |
| B2C3 | 110.7233 | F | F |
| B3C5 | 102.8233 | G | G |
| B1C2 | 78.5 | H | H |
| B2C4 | 56.335 | I | I |
| B1C3 | 50.000 | J | J |
| B2C5 | 31.500 | K | K |
| B1C4 | 17.9667 | L | L |
| B1C5 | 8.395 | M | M |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 5a. Uji Duncan pengaruh interaksi varietas, komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap kekerasan

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| A2B1C1 | 240.21 | A | A |
| A3B2C1 | 240.10 | A | A |
| A3B3C1 | 239.87 | A | A |
| A3B1C1 | 239.45 | A | A |
| A2B3C1 | 239.34 | A | A |
| A2B2C1 | 239.28 | A | A |
| A3B3C2 | 210.00 | B | B |
| A3B2C2 | 205.005 | B | C |
| A3B3C3 | 187.505 | C | D |
| A3B3C4 | 171.55 | D | E |
| A2B2C2 | 171.25 | D | E |
| A2B3C2 | 161.55 | E | F |
| A3B3C5 | 153.97 | F | G |
| A1B1C1 | 152.5 | F | GH |
| A1B2C1 | 151.9 | F | GH |
| A1B3C1 | 151.78 | F | GH |
| A1B2C2 | 148.175 | F | H |
| A1B3C2 | 139.0 | G | I |
| A1B3C3 | 138.5 | G | I |
| A3B2C3 | 136.67 | G | I |
| A2B3C3 | 129.5 | H | J |
| A2B3C4 | 129.2 | H | J |
| A2B2C3 | 125.0 | H | K |
| A1B3C4 | 124.34 | H | K |
| A2B3C5 | 115.0 | I | L |
| A3B1C2 | 96.0 | J | M |
| A3B1C3 | 90.0 | K | N |
| A3B2C4 | 90.0 | K | N |
| A1B2C3 | 70.5 | L | O |
| A1B1C2 | 70.0 | L | O |
| A2B1C2 | 69.5 | L | O |
| A2B2C4 | 67.3350 | L | O |
| A3B2C5 | 54.175 | M | P |
| A1B1C3 | 48.0 | N | Q |
| A1B2C4 | 39.5 | O | R |
| A1B3C5 | 34.0 | P | S |
| A2B2C5 | 33.4 | P | S |
| A3B1C4 | 13.835 | Q | T |
| A3B1C5 | 12.5 | Q | T |
| A2B1C4 | 12.0 | QR | TU |
| A2B1C3 | 11.67 | QR | TU |
| A2B1C5 | 8.0 | QRS | UV |
| A1B1C4 | 8.0 | QRS | UV |
| A1B2C5 | 6.325 | RS | VW |
| A1B1C5 | 3.35 | S | W |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 6a. Analisa sidik ragam terhadap susut bobot

| Sumber keragaman | Derajat bebas | Jumlah Kuadrat | Kuadrat tengah | Nilai-f hitung | Nilai-f tabel | |
|------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|---------------|------|
| | | | | | .05 | .01 |
| Perlakuan | 44 | 597.043 | 13.569 | 125.606** | 1.69 | 2.10 |
| A | 2 | 17.094 | 8.547 | 79.116** | 3.23 | 5.18 |
| B | 2 | 81.933 | 40.966 | 379.215** | 3.23 | 5.18 |
| C | 4 | 249.302 | 62.325 | 576.930** | 2.61 | 3.83 |
| AB | 4 | 31.14 | 7.785 | 72.064** | 2.61 | 3.83 |
| AC | 8 | 53.561 | 6.695 | 61.975** | 2.18 | 2.99 |
| BC | 8 | 82.179 | 10.272 | 95.088** | 2.18 | 2.99 |
| ABC | 16 | 81.836 | 5.115 | 47.346** | 1.92 | 2.52 |
| Galat | 45 | 4.861 | 0.108 | | | |
| Total | 89 | 601.905 | | | | |

** berbeda sangat nyata

Lampiran 6b. Uji Duncan pengaruh varitas terhadap susut bobot

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-------------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| West Indian | 2.95167 | A | A |
| Guatemala | 2.12333 | B | B |
| Kodok | 1.95433 | B | B |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 6c. Uji Duncan pengaruh komposisi gas terhadap susut bobot

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|---------------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| Kontrol | 3.69033 | A | A |
| Konsentrasi A | 1.735 | B | B |
| Konsentrasi B | 1.604 | B | B |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 6d. Uji Duncan pengaruh lama penyimpanan terhadap susut bobot

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| 4 minggu | 4.71111 | A | A |
| 3 minggu | 3.62278 | B | B |
| 2 minggu | 2.05417 | C | C |
| 1 minggu | 1.3275 | D | D |
| Kontrol | 0.00000 | E | E |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 7a. Uji Duncan pengaruh interaksi varitas dan komposisi gas terhadap susut bobot

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| A2B1 | 5.457 | A | A |
| A1B1 | 2.866 | B | B |
| A3B1 | 2.748 | B | B |
| A3B3 | 1.85 | C | C |
| A2E2 | 1.7966 | C | C |
| A3E2 | 1.772 | CD | C |
| A1E2 | 1.637 | CD | CD |
| A2E3 | 1.602 | CD | CD |
| A1E3 | 1.36 | D | D |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 7b. Uji Duncan pengaruh interaksi varitas dan lama penyimpanan terhadap susut bobot

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| A2C5 | 7.04 | A | A |
| A2C4 | 5.06167 | B | B |
| A3C5 | 3.6833 | C | C |
| A1C5 | 3.41 | CD | CD |
| A3C4 | 3.11 | DE | D |
| A1C4 | 2.69667 | EF | E |
| A1C3 | 2.25667 | F | F |
| A3C3 | 2.25167 | F | F |
| A2C3 | 1.654167 | G | G |
| A3C2 | 1.571667 | G | G |
| A1C2 | 1.40833 | GH | G |
| A2C2 | 1.0025 | H | H |
| A3C1 | 0.000 | I | I |
| A2C1 | 0.000 | I | I |
| A1C1 | 0.000 | I | I |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 9a. Uji Duncan pengaruh interaksi varietas, komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap susut bobot

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|-------|
| | | 1% | 5% |
| A2B1C5 | 13.96 | A | A |
| A2B1C4 | 10.925 | B | B |
| A1B1C5 | 5.18 | C | C |
| A3B1C5 | 4.67 | CD | CD |
| A2B2C5 | 4.335 | CD | DE |
| A3B1C4 | 4.24 | CDE | DE |
| A1B1C4 | 3.77 | DEF | EF |
| A1B1C3 | 3.34 | EFG | FG |
| A3B3C5 | 3.2 | FGH | FGH |
| A3B2C5 | 3.18 | FGHI | FGH |
| A2B3C5 | 2.825 | FGHIJ | GHI |
| A1B2C5 | 2.785 | GHIJ | GHI |
| A3B1C3 | 2.74 | GHIJ | GHI |
| A3B2C4 | 2.63 | GHIJK | GHIJ |
| A1B2C4 | 2.5 | GHIJKL | HIJK |
| A3B3C4 | 2.46 | GHIJKL | HIJK |
| A1B3C5 | 2.265 | HIJKLM | IJKL |
| A3B3C3 | 2.22 | HIJKLM | IJKL |
| A2B3C4 | 2.165 | IJKLM | IJKL |
| A2B2C4 | 2.095 | JKLMN | IJKLM |
| A3B1C2 | 2.09 | JKLMN | IJKLM |
| A1B1C2 | 2.04 | JKLMNO | IJKLM |
| A2B1C3 | 1.9 | JKLMNO | JKLMN |
| A1B3C4 | 1.82 | JKLMNO | KLMNO |
| A3B2C3 | 1.795 | JKLMNO | KLMNO |
| A1B2C3 | 1.79 | JKLMNO | KLMNO |
| A1B3C3 | 1.64 | KLMNO | LMNOP |
| A2B2C3 | 1.5425 | LMNO | LMNOP |
| A2B3C3 | 1.52 | LMNO | LMNOP |
| A2B3C2 | 1.5 | LMNO | LMNOP |
| A3B3C2 | 1.37 | MNOP | MNOP |
| A3B2C2 | 1.255 | MNOP | NOP |
| A1B2C2 | 1.11 | NOP | OPQ |
| A1B3C2 | 1.075 | NOP | OPQ |
| A2B2C2 | 1.0075 | OP | PQ |
| A2B1C2 | 0.5 | PQ | QR |
| A3B3C1 | 0.000 | Q | R |
| A3B2C1 | 0.000 | Q | R |
| A3B1C1 | 0.000 | Q | R |
| A2B3C1 | 0.000 | Q | R |
| A2B2C1 | 0.000 | Q | R |
| A2B1C1 | 0.000 | Q | R |
| A1B3C1 | 0.000 | Q | R |
| A2B2C1 | 0.000 | Q | R |
| A1B1C1 | 0.000 | Q | R |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 10a. Analisa sidik ragam terhadap kadar air

| Sumber keragaman | Derajat bebas | Jumlah Kuadrat | Kuadrat tengah | Nilai-F hitung | Nilai-F tabel | |
|------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|---------------|------|
| | | | | | .05 | .01 |
| Perlakuan | 44 | 841.625 | 19.128 | 60.148** | 1.69 | 2.10 |
| A | 2 | 433.688 | 216.844 | 681.779** | 3.23 | 5.18 |
| B | 2 | 28.438 | 14.219 | 44.705** | 3.23 | 5.18 |
| C | 4 | 305.563 | 76.391 | 240.180** | 2.61 | 3.83 |
| AB | 4 | 11.625 | 2.906 | 9.138** | 2.61 | 3.83 |
| AC | 8 | 14.938 | 1.867 | 5.871** | 2.18 | 2.99 |
| BC | 8 | 25.000 | 3.125 | 9.825** | 2.18 | 2.99 |
| ABC | 16 | 22.375 | 1.398 | 4.397** | 1.92 | 2.52 |
| Galat | 45 | 14.313 | 0.318 | | | |
| Total | 89 | 855.938 | | | | |

** berbeda sangat nyata

Lampiran 10b. Uji Duncan pengaruh varitas terhadap kadar air

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-------------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| Kodok | 85.21988 | A | A |
| West Indian | 83.4482 | B | B |
| Guatemala | 79.93947 | C | C |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 10c. Uji Duncan pengaruh komposisi gas terhadap kadar air

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|---------------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| Konsentrasi A | 83.34732 | A | A |
| Konsentrasi B | 83.17724 | A | A |
| Kontrol | 82.08298 | B | B |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 10d. Uji Duncan pengaruh lama penyimpanan terhadap kadar air

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| 4 minggu | 85.61292 | A | A |
| 3 minggu | 83.89935 | B | B |
| 2 minggu | 82.81906 | C | C |
| 1 minggu | 81.85558 | D | D |
| Kontrol | 80.159 | E | E |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 11a. Uji Duncan pengaruh interaksi varietas dan komposisi gas terhadap kadar air

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| A1E2 | 85.31305 | A | A |
| A1B1 | 85.25639 | A | A |
| A1E3 | 85.0902 | A | A |
| A2E2 | 84.94875 | B | B |
| A2B1 | 83.8037 | B | B |
| A2E3 | 82.59216 | C | C |
| A3E2 | 80.7802 | D | D |
| A3B1 | 80.4716 | D | D |
| A3E3 | 78.5666 | E | E |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 11b. Uji Duncan pengaruh interaksi varietas dan lama penyimpanan terhadap kadar air

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| A1C5 | 87.51575 | A | A |
| A1C4 | 86.32367 | B | B |
| A2C5 | 86.27399 | B | B |
| A1C3 | 84.90316 | C | C |
| A1C2 | 84.34383 | CD | CD |
| A2C4 | 84.05558 | CD | DE |
| A2C3 | 83.61733 | DE | EF |
| A3C5 | 83.049 | E | F |
| A1C1 | 83.013 | E | F |
| A2C2 | 82.04408 | F | G |
| A3C4 | 81.31884 | F | H |
| A2C1 | 81.25 | F | H |
| A3C3 | 80.93667 | G | I |
| A3C2 | 79.17883 | G | J |
| A3C1 | 76.214 | H | K |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 12a. Uji Duncan pengaruh interaksi komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap kadar air

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| B1C5 | 87.01966 | A | A |
| B2C5 | 85.71708 | B | B |
| B1C4 | 84.46966 | C | C |
| B2C4 | 84.29525 | C | C |
| B3C5 | 84.102 | C | C |
| B2C3 | 83.91283 | C | C |
| B3C4 | 82.93317 | D | D |
| B1C3 | 82.75167 | D | D |
| B2C2 | 82.6525 | DE | D |
| B3C3 | 81.79266 | EF | E |
| B1C2 | 81.48617 | F | E |
| B3C2 | 81.42809 | F | E |
| B3C1 | 80.159 | G | F |
| B2C1 | 80.159 | G | F |
| B1C1 | 80.159 | G | F |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 13a. Uji Duncan pengaruh interaksi varietas, komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap kadar air

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|-------|
| | | 1% | 5% |
| A1B1C5 | 88.771 | A | A |
| A2B1C5 | 88.196 | AB | AB |
| A1B1C4 | 87.429 | ABC | BC |
| A1B2C5 | 87.17075 | ABCD | BC |
| A2B2C5 | 86.911 | BCDE | CD |
| A1B3C5 | 86.6055 | BCDEF | CDE |
| A1B2C4 | 85.81 | CDEFG | DEF |
| A1B3C4 | 85.732 | DEFG | DEF |
| A1E2C3 | 85.4185 | EFGH | EFG |
| A1E3C3 | 85.38 | EFGH | EFGH |
| A1E2C2 | 85.153 | FGH | FHI |
| A2E2C4 | 84.72051 | GHI | FHIJ |
| A1B3C2 | 84.60175 | GHI | FHIJ |
| A2E2C3 | 84.49899 | GHI | FHIJ |
| A2B1C4 | 84.392 | GHI | GHIJK |
| A3B1C5 | 84.092 | GHIJ | HIJKL |
| A1B1C3 | 83.911 | HIJK | IJKL |
| A2B1C3 | 83.802 | HIJK | JKLM |
| A2E3C5 | 83.715 | HIJK | JKLM |
| A2E3C4 | 83.168 | IJKLM | JKLMN |
| A1B1C2 | 83.15801 | IJKLM | JKLMN |
| A3E2C5 | 83.0695 | IJKLM | LMN |
| A1B2C1 | 83.013 | IJKLM | LMN |
| A1B1C1 | 83.013 | IJKLM | LMN |
| A1E3C1 | 83.013 | IJKLM | LMN |
| A2E3C3 | 82.551 | JKLMN | MNO |
| A2E2C2 | 82.477 | JKLMN | MNO |
| A3E2C4 | 82.469 | JKLMN | MNO |
| A2E3C2 | 82.27675 | KLMPNO | NO |
| A3E3C5 | 81.9855 | LMNOP | NO |
| A3E2C3 | 81.821 | MNOP | NOP |
| A3B1C4 | 81.588 | MNOPQ | OPQ |
| A2B1C2 | 81.37849 | MNOPQ | OPQ |
| A2E3C1 | 81.25 | NOPQ | OPQ |
| A2E2C1 | 81.25 | NOPQ | OPQ |
| A2B1C1 | 81.25 | NOPQ | OPQ |
| A3B1C3 | 80.542 | OPQ | OPR |
| A3E2C2 | 80.3275 | PQ | QR |
| A3B1C2 | 79.922 | Q | R |
| A3E3C4 | 79.8995 | Q | R |
| A3E3C3 | 77.447 | R | S |
| A3E3C2 | 77.287 | R | ST |
| A3E3C1 | 77.214 | R | T |
| A3E2C1 | 77.214 | R | T |
| A3B1C1 | 77.214 | R | T |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 14a. Analisa sidik ragam terhadap kadar lemak

| Sumber keragaman | Derajat bebas | Jumlah Kuadrat | Kuadrat tengah | Nilai- hitung | Nilai- tabel | |
|------------------|---------------|----------------|----------------|------------------|-----------------|------|
| | | | | | .05 | .01 |
| Perlakuan | 44 | 1652.442 | 37.556 | 4483.310** | 1.69 | 2.10 |
| A | 2 | 446.458 | 223.229 | 26648.686** | 3.23 | 5.18 |
| B | 2 | 30.268 | 15.134 | 1806.645** | 3.23 | 5.18 |
| C | 4 | 1046.781 | 261.695 | 31240.725** | 2.61 | 3.83 |
| AB | 4 | 7.400 | 1.850 | 220.861** | 2.61 | 3.83 |
| AC | 8 | 94.509 | 11.814 | 1410.287** | 2.18 | 2.99 |
| BC | 8 | 23.287 | 2.911 | 347.497** | 2.18 | 2.99 |
| ABC | 16 | 3.739 | 0.234 | 27.899** | 1.92 | 2.52 |
| Galat | 45 | 0.377 | 0.008 | | | |
| Total | 89 | 1652.819 | | | | |

** berbeda sangat nyata

Lampiran 14b. Uji Duncan pengaruh varitas terhadap kadar lemak

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-------------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| Guatemala | 12.05352 | A | A |
| Kodok | 11.89192 | B | B |
| West Indian | 7.25008 | C | C |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 14c. Uji Duncan pengaruh komposisi gas terhadap kadar lemak

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|---------------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| Kontrol | 11.18178 | A | A |
| Konsentrasi A | 10.21737 | B | B |
| Konsentrasi B | 9.796367 | C | C |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 14d. Uji Duncan pengaruh lama penyimpanan terhadap kadar lemak

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| 4 minggu | 14.98311 | A | A |
| 3 minggu | 13.26792 | B | B |
| 2 minggu | 10.32461 | C | C |
| 1 minggu | 7.62055 | D | D |
| Kontrol | 5.79633 | E | E |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 15a. Uji Duncan pengaruh interaksi varitas dan komposisi gas terhadap kadar lemak

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| A3B1 | 13.1334 | A | A |
| A1B1 | 12.9433 | B | B |
| A3B2 | 11.7676 | C | C |
| A1B2 | 11.6186 | D | D |
| A3B3 | 11.2595 | E | E |
| A1B3 | 11.1138 | F | F |
| A2B1 | 7.4686 | G | G |
| A2B2 | 7.2658 | H | H |
| A2B3 | 7.0158 | I | I |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 15b. Uji Duncan pengaruh interaksi varitas dan lama penyimpanan terhadap kadar lemak

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| A3C5 | 16.95467 | A | A |
| A1C5 | 16.67825 | B | B |
| A3C4 | 15.88842 | C | C |
| A1C4 | 15.632 | D | D |
| A3C3 | 12.3975 | E | E |
| A1C3 | 12.33067 | E | E |
| A2C5 | 11.31642 | F | F |
| A3C2 | 8.685 | G | G |
| A1C2 | 8.603667 | G | G |
| A2C4 | 8.283333 | H | H |
| A3C1 | 6.342 | I | I |
| A2C3 | 6.245667 | I | IJ |
| A1C1 | 6.215 | I | J |
| A2C2 | 5.573 | J | K |
| A2C1 | 4.832 | K | L |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 16a. Uji Duncan pengaruh interaksi komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap kadar lemak

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| B1C5 | 15.41125 | A | A |
| B2C5 | 14.77342 | B | B |
| B3C5 | 14.76467 | B | B |
| B1C4 | 14.453 | C | C |
| B2C4 | 12.96175 | D | D |
| B3C4 | 12.389 | E | E |
| B1C3 | 12.04367 | F | F |
| B2C3 | 10.30833 | G | G |
| B3C3 | 8.621834 | H | H |
| B1C2 | 8.204667 | I | I |
| B3C2 | 7.41 | J | J |
| B2C2 | 7.247 | K | K |
| B3C1 | 5.79633 | L | L |
| B2C1 | 5.79633 | L | L |
| B1C1 | 5.79633 | L | L |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 17a. Uji Duncan pengaruh interaksi varietas, komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap kadar lemak

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| A3B1C5 | 17.983 | A | A |
| A1B1C5 | 17.54475 | B | B |
| A3B1C4 | 17.249 | C | C |
| A1B1C4 | 17.071 | C | C |
| A3B2C5 | 16.69 | D | D |
| A1B3C5 | 16.453 | D | E |
| A3B3C5 | 16.191 | E | F |
| A1B2C5 | 16.037 | E | F |
| A3B2C4 | 15.57625 | F | G |
| A1B2C4 | 15.175 | G | H |
| A3B3C4 | 14.84 | H | I |
| A1B3C4 | 14.65 | HI | J |
| A1B1C3 | 14.447 | I | K |
| A3B1C3 | 14.447 | I | K |
| A1B2C3 | 12.384 | J | L |
| A3B2C3 | 12.069 | K | M |
| A2B3C5 | 11.65 | L | N |
| A2B2C5 | 11.59325 | L | N |
| A2B1C5 | 10.706 | M | O |
| A3B3C3 | 10.6765 | M | O |
| A1B3C3 | 10.161 | N | P |
| A3B1C2 | 9.646 | O | Q |
| A1B1C2 | 9.439 | O | R |
| A2B1C4 | 9.039 | P | S |
| A1B2C2 | 8.282 | Q | T |
| A3B3C2 | 8.24799 | Q | T |
| A3B2C2 | 8.16099 | Q | T |
| A2B2C4 | 8.134 | Q | T |
| A1B3C2 | 8.09 | Q | T |
| A2B3C4 | 7.677 | R | U |
| A2B1C3 | 7.237 | S | V |
| A2B2C3 | 6.472 | T | W |
| A3B3C1 | 6.342 | T | WX |
| A3B2C1 | 6.342 | T | WX |
| A3B1C1 | 6.342 | T | WX |
| A1B1C1 | 6.215 | T | X |
| A1B3C1 | 6.215 | T | X |
| A1B2C1 | 6.215 | T | X |
| A2B3C2 | 5.892 | U | Y |
| A2B1C2 | 5.529 | V | Z |
| A2B2C2 | 5.298 | V | a |
| A2B3C3 | 5.028 | W | b |
| A2B3C1 | 4.832 | W | c |
| A2B2C1 | 4.832 | W | c |
| A2B1C1 | 4.832 | W | c |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 18a. Analisa sidik ragam terhadap berat jenis

| Sumber keragaman | Derajat bebas | Jumlah Kuadrat | Kuadrat tengah | Nilai-F hitung | Nilai-F tabel | |
|------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|---------------|------|
| | | | | | .05 | .01 |
| Perlakuan | 44 | 0.063 | 0.001 | 25.807** | 1.69 | 2.10 |
| A | 2 | 0.001 | 0.001 | 9.663** | 3.23 | 5.18 |
| B | 2 | 0.008 | 0.004 | 72.814** | 3.23 | 5.18 |
| C | 4 | 0.029 | 0.007 | 130.479** | 2.61 | 3.83 |
| AB | 4 | 0.004 | 0.001 | 17.600** | 2.61 | 3.83 |
| AC | 8 | 0.005 | 0.001 | 10.629** | 2.18 | 2.99 |
| BC | 8 | 0.007 | 0.001 | 16.668** | 2.18 | 2.99 |
| ABC | 16 | 0.009 | 0.001 | 9.990** | 1.92 | 2.52 |
| Galat | 45 | 0.002 | 0.000 | | | |
| Total | 89 | 0.065 | 0.001 | | | |

** berbeda sangat nyata

Lampiran 18b. Uji Duncan pengaruh varitas terhadap berat jenis

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-------------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| Guatemala | 1.001844 | A | A |
| West Indian | 1.001765 | A | A |
| Kodok | 0.9944659 | B | B |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 18c. Uji Duncan pengaruh komposisi gas terhadap berat jenis

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|---------------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| Konsentrasi B | 1.007899 | A | A |
| Konsentrasi A | 1.004009 | A | B |
| Kontrol | 0.9861667 | B | C |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 18d. Uji Duncan pengaruh lama penyimpanan terhadap berat jenis

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| Kontrol | 1.023333 | A | A |
| 1 minggu | 1.011016 | B | B |
| 2 minggu | 1.002697 | C | C |
| 3 minggu | 0.9876713 | D | D |
| 4 minggu | 0.9720742 | E | E |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 19a. Uji Duncan pengaruh interaksi varitas dan komposisi gas terhadap berat jenis

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| A1E3 | 1.010411 | A | A |
| A2E3 | 1.008877 | A | A |
| A2E2 | 1.005821 | A | AB |
| A3E2 | 1.005687 | A | AB |
| A3E3 | 1.00441 | AB | AB |
| A1E2 | 1.00052 | AEC | EC |
| A3B1 | 0.9951999 | EC | C |
| A1B1 | 0.9945999 | C | C |
| A2B1 | 0.9687001 | D | D |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 19b. Uji Duncan pengaruh interaksi varitas dan komposisi gas terhadap berat jenis

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| A1C1 | 1.024 | A | A |
| A3C1 | 1.023 | A | A |
| A2C1 | 1.023 | A | A |
| A2C2 | 1.015996 | AB | AB |
| A1C2 | 1.009402 | BC | BC |
| A3C2 | 1.007651 | ECD | EC |
| A2C3 | 1.006559 | ECD | C |
| A1C3 | 1.000934 | CDE | CD |
| A3C3 | 1.000596 | CDE | CD |
| A1C4 | 0.9962117 | DEF | D |
| A3C4 | 0.9916259 | EF | DE |
| A3C5 | 0.985955 | FG | EF |
| A1C5 | 0.9786701 | G | FG |
| A2C4 | 0.9751768 | G | G |
| A2C5 | 0.9515975 | H | H |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 20a. Uji Duncan pengaruh interaksi komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap berat jenis

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|------|
| | | 1% | 5% |
| B1C1 | 1.023333 | A | A |
| E3C1 | 1.023333 | A | A |
| E2C1 | 1.023333 | A | A |
| E2C2 | 1.013412 | AB | B |
| E3C2 | 1.012804 | AB | B |
| B1C2 | 1.006833 | BC | BC |
| E2C3 | 1.006174 | BC | BC |
| E3C3 | 1.005582 | BC | B CD |
| E3C4 | 1.001718 | BC | CD |
| E2C4 | 0.9992959 | C | CD |
| E3C5 | 0.9960575 | C | D |
| B1C3 | 0.9963333 | C | D |
| E2C5 | 0.9778317 | D | E |
| B1C4 | 0.9620001 | E | F |
| B1C5 | 0.9423334 | F | G |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 21a. Uji Duncan pengaruh interaksi varietas, komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap berat jenis

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|--------|
| | | 1% | 5% |
| A1B1C1 | 1.024 | A | A |
| A1B3C1 | 1.024 | A | A |
| A1E2C1 | 1.024 | A | A |
| A2B1C1 | 1.023 | A | A |
| A2E3C1 | 1.023 | A | AB |
| A2E2C1 | 1.023 | A | AB |
| A3E2C1 | 1.023 | A | AB |
| A3E3C1 | 1.023 | A | AB |
| A3B1C1 | 1.023 | A | AB |
| A2E2C2 | 1.01655 | A | AB |
| A2E3C2 | 1.015938 | AB | AEC |
| A2B1C2 | 1.015500 | AB | AECD |
| A1E2C2 | 1.012625 | AEC | AECD |
| A1B3C2 | 1.012583 | ABCD | AECDE |
| A3E2C2 | 1.01106 | ABCD | AECDE |
| A3E3C2 | 1.009892 | ABCD | AECDE |
| A2E3C3 | 1.00837 | ABCD | ABCDEF |
| A2E2C3 | 1.007308 | ABCDE | ABCDEF |
| A1E3C3 | 1.007153 | ABCDE | ABCDEF |
| A1E2C3 | 1.00565 | ABCDE | ABCDEF |
| A3E2C3 | 1.005565 | ABCDE | BCDEFG |
| A1E3C4 | 1.005288 | ABCDE | BCDEFG |
| A2B1C3 | 1.00400 | ABCDE | BCDEFG |
| A1B3C5 | 1.00303 | ABCDE | CDEFG |
| A1B1C2 | 1.00300 | ABCDEF | CDEFG |
| A2E2C4 | 1.002515 | ABCDEF | CDEFG |
| A2E3C4 | 1.002015 | ABCDEF | CDEFGH |
| A3B1C2 | 1.00200 | ABCDEF | CDEFGH |
| A3E3C3 | 1.001222 | ABCDEF | CDEFGH |
| A1E2C4 | 0.9983475 | BCDEFG | CDEFGH |
| A3E3C4 | 0.9978525 | BCDEFG | CDEFGH |
| A3E2C4 | 0.997025 | BCDEFG | DEFGHI |
| A2E3C5 | 0.9950625 | BCDEFG | EFGHI |
| A3B1C3 | 0.995000 | BCDEFG | EFGHI |
| A3E2C5 | 0.991785 | CDEFGH | EFGHI |
| A3E3C5 | 0.99008 | DEFGH | FGHIJ |
| A1B1C3 | 0.9900 | DEFGH | GHIJ |
| A1B1C4 | 0.9850 | DEFGH | GHIJ |
| A3B1C4 | 0.9800 | EFGH | HIJK |
| A2E2C5 | 0.97973 | FGHI | IJK |
| A3B1C5 | 0.9760 | FGHI | IJK |
| A1B1C5 | 0.9710 | GHI | JKL |
| A1E2C5 | 0.96198 | HI | KL |
| A2B1C4 | 0.9210 | I | L |
| A2B1C5 | 0.8800 | J | M |
| | | K | N |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 22a. Analisa sidik ragam terhadap persentase kerusakan

| Sumber keragaman | Derajat bebas | Jumlah Kuadrat | Kuadrat tengah | Nilai-F hitung | Nilai-F tabel | |
|------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|---------------|------|
| | | | | | .05 | .01 |
| Perlakuan | 44 | 78655.609 | 1787.627 | 1156.157** | 1.69 | 2.10 |
| A | 2 | 44.539 | 22.270 | 14.403** | 3.23 | 5.18 |
| B | 2 | 22303.598 | 11151.799 | 7212.481** | 3.23 | 5.18 |
| C | 4 | 25525.488 | 6381.372 | 4127.184** | 2.61 | 3.83 |
| AB | 4 | 3.941 | 0.985 | 0.637 | 2.61 | 3.83 |
| AC | 8 | 41.836 | 5.229 | 3.382** | 2.18 | 2.99 |
| BC | 8 | 30694.047 | 3836.756 | 2481.441** | 2.18 | 2.99 |
| AEC | 16 | 42.160 | 2.635 | 1.704 | 1.92 | 2.52 |
| Galat | 45 | 69.578 | 1.546 | | | |
| Total | 89 | 78725.188 | | | | |

** berbeda sangat nyata

Lampiran 22b. Uji Duncan pengaruh varitas terhadap persentase kerusakan

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-------------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| Kodok | 15.76 | A | A |
| West Indian | 14.989 | A | B |
| Guatemala | 14.0398 | B | C |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 22c. Uji Duncan pengaruh komposisi gas terhadap persentase kerusakan

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|---------------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| Kontrol | 37.15334 | A | A |
| Konsentrasi A | 4.960667 | B | B |
| Konsentrasi B | 2.674833 | C | C |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 23a. Uji Duncan pengaruh lama penyimpanan terhadap persentase kerusakan

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| 4 minggu | 40.69972 | A | A |
| 3 minggu | 29.38028 | B | B |
| 2 minggu | 3.39028 | C | C |
| 1 minggu | 1.177778 | D | D |
| Kontrol | 0.00 | E | E |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 24a. Uji Duncan pengaruh interaksi varitas dan komposisi gas terhadap persentase kerusakan

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| A1B1 | 37.96 | A | A |
| A2B1 | 37.42 | AB | A |
| A3B1 | 36.08 | B | B |
| A1B2 | 5.980 | C | C |
| A2B2 | 5.042 | CD | C |
| A3B2 | 3.859 | DE | D |
| A1B3 | 3.34 | EF | DE |
| A2B3 | 2.5045 | EF | E |
| A3B3 | 2.18 | F | E |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 23c. Uji Duncan pengaruh interaksi varitas dan lama penyimpanan terhadap persentase kerusakan

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| A1C5 | 42.2333 | A | A |
| A2C5 | 40.4 | AB | B |
| A3C5 | 39.4658 | B | B |
| A1C4 | 31.1 | C | C |
| A2C4 | 30.1075 | C | C |
| A3C4 | 26.9333 | D | D |
| A1C3 | 4.11 | E | E |
| A2C3 | 3.3042 | EF | E |
| A3C3 | 2.7667 | EFG | EF |
| A1C2 | 1.3667 | FGH | FG |
| A2C2 | 1.1333 | GH | G |
| A3C2 | 1.0333 | GH | G |
| A3C1 | 0.00 | H | G |
| A2C1 | 0.00 | H | G |
| A1C1 | 0.00 | H | G |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 24a. Uji Duncan pengaruh interaksi komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap persentase kerusakan

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| B1C5 | 100.00 | A | A |
| B1C4 | 77.7333 | B | B |
| B2C5 | 15.0325 | C | C |
| B3C5 | 7.0667 | D | D |
| B1C3 | 6.6 | D | D |
| B2C4 | 6.5667 | D | D |
| B3C4 | 3.8408 | E | E |
| B2C3 | 1.9708 | EF | F |
| B3C3 | 1.6 | F | FG |
| B1C2 | 1.4333 | F | FG |
| B2C2 | 1.2333 | F | FG |
| B3C2 | 0.8667 | F | FG |
| B3C1 | 0.000 | F | G |
| B2C1 | 0.000 | F | G |
| B1C1 | 0.000 | F | G |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 25a. Uji Duncan pengaruh interaksi varietas, komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap persentase kerusakan

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|-------|
| | | 1% | 5% |
| A1B1C5 | 100.00 | A | A |
| A3B1C5 | 100.00 | A | A |
| A2B1C5 | 100.00 | A | A |
| A2B1C4 | 80.00 | B | B |
| A1B1C4 | 79.00 | B | B |
| A3B1C4 | 74.20 | C | C |
| A1E2C5 | 18.40 | D | D |
| A2E2C5 | 14.40 | E | E |
| A3E2C5 | 12.2975 | E | E |
| A1E1C3 | 8.90 | F | F |
| A1E2C4 | 8.40 | F | FG |
| A1E3C5 | 8.30 | F | FG |
| A2E2C4 | 7.20 | FG | FGH |
| A2E3C5 | 6.80 | FGH | FGHI |
| A3E3C5 | 6.10 | FGHI | FGHI |
| A1E3C4 | 5.90 | FGHI | GHIJ |
| A2B1C3 | 5.80 | FGHI | GHIJ |
| A3B1C3 | 5.10 | FGHIJ | HIJK |
| A3E2C4 | 4.10 | GHIJKL | IJKL |
| A2E3C4 | 3.1225 | HIJKL | JKLM |
| A3E3C4 | 2.50 | IJKL | KL MN |
| A2E2C3 | 2.4125 | IJKL | KL MN |
| A1B1C2 | 1.90 | JKL | LMN |
| A1E2C3 | 1.80 | JKL | LMN |
| A3E2C3 | 1.70 | JKL | LMN |
| A2E3C3 | 1.70 | JKL | LMN |
| A1E3C3 | 1.60 | JKL | LMN |
| A3E3C3 | 1.50 | JKL | LMN |
| A2B1C2 | 1.30 | JKL | LMN |
| A1E2C2 | 1.30 | JKL | LMN |
| A3E2C2 | 1.20 | JKL | LMN |
| A2E2C2 | 1.20 | JKL | LMN |
| A3B1C2 | 1.10 | KL | LMN |
| A2E3C2 | 0.90 | KL | MN |
| A1E3C2 | 0.90 | KL | MN |
| A3E3C2 | 0.80 | KL | MN |
| A3E3C1 | 0.00 | L | N |
| A3E2C1 | 0.00 | L | N |
| A3B1C1 | 0.00 | L | N |
| A2E3C1 | 0.00 | L | N |
| A2E2C1 | 0.00 | L | N |
| A2B1C1 | 0.00 | L | N |
| A1E3C1 | 0.00 | L | N |
| A1E2C1 | 0.00 | L | N |
| A1B1C1 | 0.00 | L | N |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 26a. Analisa sidik ragam terhadap pH

| Sumber keragaman | Derajat bebas | Jumlah Kuadrat | Kuadrat tengah | Nilai- hitung | Nilai- tabel | |
|------------------|---------------|----------------|----------------|------------------|-----------------|------|
| | | | | | .05 | .01 |
| Perlakuan | 44 | 14.870 | 0.338 | 5.615** | 1.69 | 2.10 |
| A | 2 | 1.944 | 0.972 | 16.149** | 3.23 | 5.18 |
| B | 2 | 1.339 | 0.670 | 11.125** | 3.23 | 5.18 |
| C | 4 | 3.572 | 0.893 | 14.839** | 2.61 | 3.83 |
| AB | 4 | 0.770 | 0.193 | 3.199* | 2.61 | 3.83 |
| AC | 8 | 1.398 | 0.175 | 2.904* | 2.18 | 2.99 |
| BC | 8 | 1.931 | 0.241 | 4.010** | 2.18 | 2.99 |
| AEC | 16 | 3.916 | 0.245 | 4.067** | 1.92 | 2.52 |
| Galat | 45 | 2.708 | 0.060 | | | |
| Total | 89 | 17.578 | | | | |

** berbeda sangat nyata

Lampiran 26b. Uji Duncan pengaruh varitas terhadap pH

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-------------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| Guatemala | 6.3303 | A | A |
| West Indian | 6.2647 | A | A |
| Kodok | 6.9908 | B | B |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 26c. Uji Duncan pengaruh komposisi gas terhadap pH

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|---------------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| Kontrol | 6.3657 | A | A |
| Konsentrasi B | 6.134 | B | B |
| Konsentrasi A | 6.0862 | B | B |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 26d. Uji Duncan pengaruh lama penyimpanan terhadap pH

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|----|
| | | 1% | 5% |
| 4 minggu | 6.5639 | A | A |
| 2 minggu | 6.2222 | B | B |
| 3 minggu | 6.1386 | B | BC |
| 1 minggu | 6.0517 | B | BC |
| Kontrol | 5.9999 | B | C |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 27a. Uji Duncan pengaruh komposisi gas terhadap pH

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|-----|
| | | 1% | 5% |
| A3B1 | 6.478 | A | A |
| A2B1 | 6.401 | A | AB |
| A2B2 | 6.316 | AB | ABC |
| A3B3 | 6.308 | AB | ABC |
| A1B1 | 6.218 | AB | BCD |
| A3B2 | 6.205 | AB | BCD |
| A2B3 | 6.077 | B | CD |
| A1B3 | 6.017 | BC | D |
| A1B2 | 5.7375 | C | E |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 27b. Uji Duncan pengaruh lama penyimpanan terhadap pH

| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|-----|
| | | 1% | 5% |
| A2C5 | 6.7017 | A | A |
| A3C5 | 6.535 | AB | AB |
| A3C4 | 6.4583 | ABC | ABC |
| A1C5 | 6.4550 | ABC | ABC |
| A3C3 | 6.3250 | ABCD | BCD |
| A2C4 | 6.3233 | ABCD | BCD |
| A3C2 | 6.2333 | BCDE | BCD |
| A1C3 | 6.1717 | BCDE | CDE |
| A2C3 | 6.1700 | BCDE | CDE |
| A3C1 | 6.1 | BCDE | DEF |
| A2C1 | 6.1 | BCDE | DEF |
| A2C2 | 6.0283 | CDEF | DEF |
| A1C2 | 5.8933 | DEF | EFG |
| A1C1 | 5.8 | EF | FG |
| A1C4 | 5.6342 | F | G |

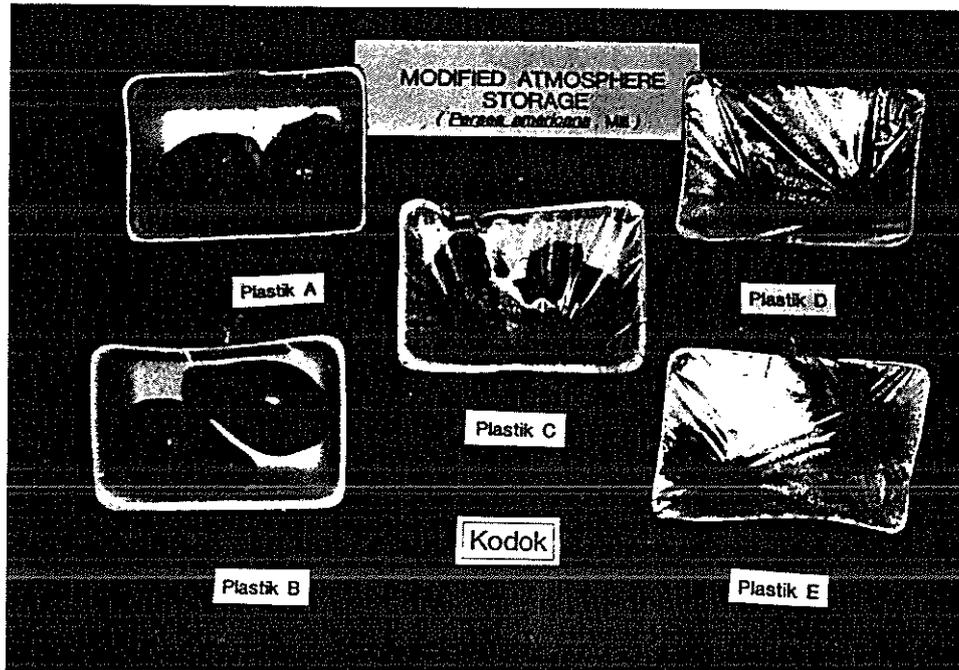
*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 29a. Uji Duncan pengaruh interaksi varietas, komposisi gas dan lama penyimpanan terhadap pH

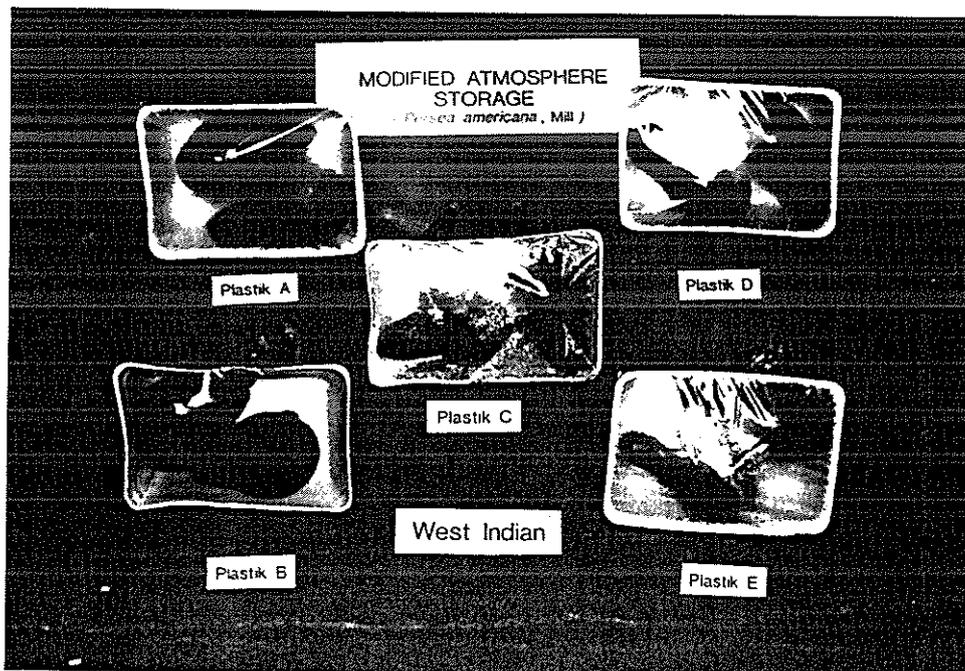
| Perlakuan | rata-rata | taraf signifikansi* | |
|-----------|-----------|---------------------|--------|
| | | 1% | 5% |
| A2B1C5 | 7.00 | A | A |
| A3B1C5 | 6.99 | A | AB |
| A2B2C5 | 6.805 | AB | AEC |
| A1B1C5 | 6.59 | AEC | AECD |
| A3B3C5 | 6.565 | AEC | AECD |
| A3B1C4 | 6.525 | AEC | AECDE |
| A1B2C5 | 6.475 | AEC | AECDE |
| A1B1C4 | 6.475 | AEC | AECDE |
| A2B1C4 | 6.445 | AEC | AECDEF |
| A3B3C4 | 6.425 | AEC | AECDEF |
| A3B2C4 | 6.425 | AEC | AECDEF |
| A3B1C3 | 6.425 | AEC | AECDEF |
| A1B1C3 | 6.405 | AEC | BCDEFG |
| A2B2C4 | 6.35 | AEC | CDEFGH |
| A3B1C2 | 6.35 | AEC | CDEFGH |
| A2B1C3 | 6.335 | AEC | CDEFGH |
| A2B3C5 | 6.3 | AEC | CDEFGH |
| A1B3C5 | 6.3 | AEC | CDEFGH |
| A3B3C3 | 6.275 | AEC | CDEFGH |
| A3B2C3 | 6.275 | AEC | CDEFGH |
| A2B2C3 | 6.225 | AEC | CDEFGH |
| A3B3C2 | 6.175 | BC | DEFGH |
| A2B3C4 | 6.175 | BC | DEFGH |
| A1B3C4 | 6.175 | BC | DEFGH |
| A3B2C2 | 6.175 | BC | DEFGH |
| A1B2C3 | 6.16 | BC | DEFGH |
| A2B1C2 | 6.125 | BC | DEFGH |
| A3B3C1 | 6.1 | BC | DEFGH |
| A2B2C2 | 6.1 | BC | DEFGH |
| A3B2C1 | 6.1 | BC | DEFGH |
| A3B1C1 | 6.1 | BC | DEFGH |
| A2B2C1 | 6.1 | BC | DEFGH |
| A2B1C1 | 6.1 | BC | DEFGH |
| A2B3C1 | 6.1 | BC | DEFGH |
| A3B2C5 | 6.05 | BC | DEFGH |
| A1B2C2 | 6.0 | C | DEFGH |
| A2B3C3 | 5.95 | C | EFGH |
| A1B3C3 | 5.95 | C | EFGH |
| A2B3C2 | 5.86 | C | FGH |
| A1B3C2 | 5.86 | C | FGH |
| A1B1C2 | 5.82 | C | GH |
| A1B3C1 | 5.8 | C | H |
| A1B1C1 | 5.8 | C | H |
| A1B2C1 | 5.8 | C | H |
| A1B2C4 | 4.2525 | D | I |

*Huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

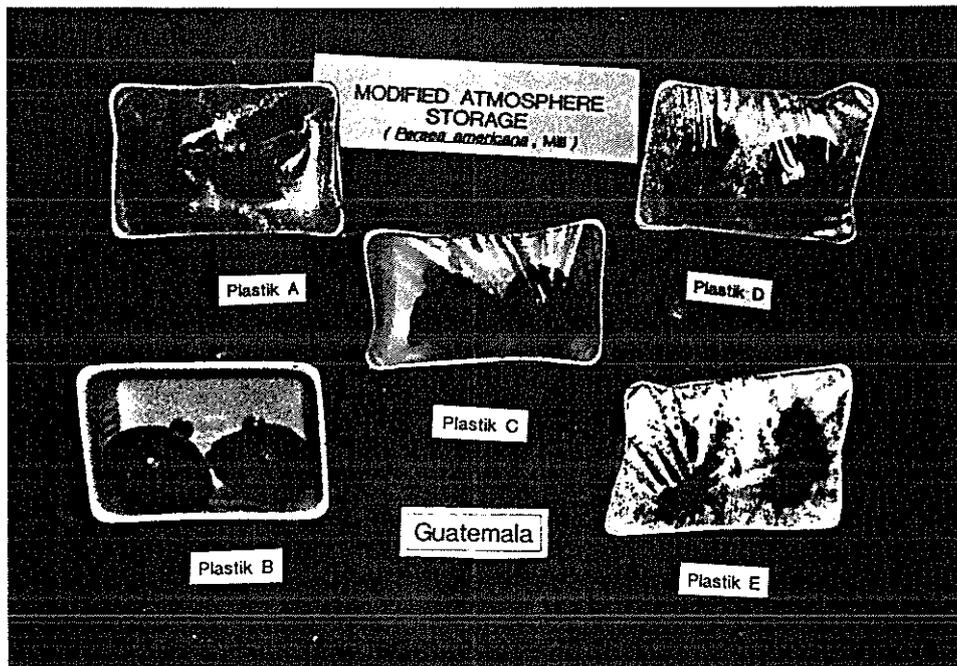
Lampiran 31. Gambar penampakan ketiga varietas alpukat setelah 28 hari penyimpanan



Alpukat varietas Fuerte (kodok)



Alpukat varietas West Indian



Alpukat varietas Guatemala

Keterangan :

- Plastik A = PVC (Argha Karya)
- Plastik B = PVC (Filmco Int. Ltd.)
- Plastik C = LDPE (25 μm)
- Plastik D = LDPE (35 μm)
- Plastik E = PP (29 μm)

Lampiran 32. Program pendugaan konsentrasi O_2 dan CO_2 dalam kemasan dengan pendekatan matematis

```

10 REM *****
20 REM PROGRAM PENDUGAAN KONSENTRASI O2 DAN CO2 DALAM
    KEMASAN DENGAN PENDEKATAN MATEMATIS
30 REM *****
40 PRINT TAB(15) "PENDUGAAN KONSENTRASI O2 DAN CO2
    DALAM KEMASAN" : PRINT
50 PRINT TAB(24) "DENGAN PENDEKATAN MATEMATIS" : PRINT
60 INPUT "Suhu Penyimpanan =" ; TF
70 INPUT "Permeabilitas terhadap O2 =" ; KY
80 INPUT "Permeabilitas Terhadap CO2 =" ; KZ
90 INPUT "Kandungan O2 Udara Normal =" ; YA
100 INPUT "Kandungan CO2 Udara Normal =" ; YZ
110 INPUT "Laju Pemakaian O2 =" ; RY
120 INPUT "Laju Terbentuknya CO2 =" ; RZ
130 INPUT "Luas Permukaan Kemasan =" ; S
140 INPUT "Berat Buah Yang Dikemas =" ; W
150 INPUT "Volume Bebas Kemasan =" ; V
160 PRINT "Suhu Penyimpanan =" ; TF
170 PRINT "Permeabilitas Terhadap O2 =" ; KY
180 PRINT "Permeabilitas Terhadap CO2 =" ; KZ
190 PRINT "Kandungan O2 Udara Normal =" ; YA
200 PRINT "Kandungan CO2 Udara Normal =" ; YZ
210 PRINT "Laju Pemakaian O2 =" ; RY
220 PRINT "Laju Terbentuknya CO2 =" ; RZ
230 PRINT "Luas Permukaan Kemasan =" ; S
240 PRINT "Berat Buah Yang Dikemas =" ; W
250 PRINT "Volume Bebas Kemasan =" ; V
260 PRINT
270 PRINT TAB(2) "=====
=====
280 PRINT TAB(2) "WAKTU PENDUGAAN" TAB(24) "KONSENTRASI
DALAM KEMASAN (PERSEN)"
290 PRINT TAB(7) "JAM" TAB(27) "O2" TAB(47) "CO2"
300 PRINT TAB(2) "=====
=====
310 Y=YA-(W*RY)/(S*KY):Z=ZA+(W*RZ)/(S*KZ)
320 EY=Y*100:EZ=Z*100
330 T=0
340 FOR T=0 TO 500 STEP 4
350 DEF FNY(T)=Y+(YA-Y)*EXP(-S*KY*T/V)
360 DEF FNZ(T)=Z+(ZA-Z)*EXP(-S*KZ*T/V)
370 O2=FNY(T)*100:CO2=FNZ(T)*100
380 IF O2<=EY AND CO2>=EZ THEN 410
390 PRINT TAB(7) T TAB(26) O2 TAB(46) CO2
400 NEXT T
410 PRINT TAB(2) "=====
=====":PRINT
420 PRINT TAB(2) "KONSENTRASI O2 KESETIMBANGAN =" ; EY
430 PRINT TAB(2) "KONSENTRASI CO2 KESETIMBANGAN =" ; EZ
440 END

```