

Disertasi
**PENGEMBANGAN MODEL PENGELOLAAN
PASCA PANEN BUAH PISANG *CAVENDISH* (*Musa paradisiaca*)
(Pendekatan Fisiologi Eksperimental)**

KK

Dis 4 13/02

Har

P.



MILIK
PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA

BAMBANG ADMADI HARSOJUWONO

**PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
1999**

**PENGEMBANGAN MODEL PENGELOLAAN
PASCA PANEN BUAH PISANG CAVENDISH (*Musa paradisiaca*)
(Pendekatan Fisiologi Eksperimental)**

DISERTASI

Untuk memperoleh gelar Doktor
dalam Ilmu Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
pada Program Pascasarjana Universitas Airlangga
di bawah pimpinan Rektor Universitas Airlangga

Prof. H. Soedarto, dr., DTM&H., Ph.D

telah dipertahankan di hadapan
Rapat Terbuka Senat Universitas Airlangga
pada hari Kamis
tanggal 11 Februari 1999
pukul 10.00 WIB

Oleh :
BAMBANG ADMADI HARSOJUWONO

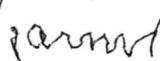
NIM. 099512033-D

Lembar Pengesahan

Disertasi ini telah disetujui
tanggal 20 Februari 1999

oleh :

Promotor



Prof. H.A. Soeparmo, MSc



Kopromotor I



Prof. Dr. H. Tri Susanto, Ir., MAppSc

Kopromotor II



Prof. Dr. Hj. Kusningrum Rochiman, Ir., MS

Promotor : Prof. H.A. Soeparmo, MSc
Ko-Promotor I : Prof.Dr.H. Tri Susanto, Ir., MAppSc
Ko-Promotor II : Prof.Dr.Hj. Kusriiningrum Rochiman, Ir., MS

Telah diuji pada ujian tertutup
Tanggal 10 November 1998

Panitia Penguji Disertasi

Ketua : Prof. Dr.H. Rochiman Sasmita, drh.,MSc
Anggota : Prof. H.A. Soeparmo,MSc
Prof. Dr.H. Tri Susanto, Ir.,MAppSc
Prof. Dr.Hj. Kusriningrum Rochiman,Ir.,MS
Prof. Dr.Koentjoro Soehadi,dr
Prof. Soemadi,Drs.Apt
Prof. IGB Amitaba,drh
Prof. Moenarni Tampubolon,Ir

Ditetapkan dengan Surat Keputusan
Rektor Universitas Airlangga
Nomor : 9086/J03/PP/1998
Tanggal : 19 November 1998

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah Yang Maha Pengasih karena atas berkat rahmatNya penyusunan disertasi ini dapat terselesaikan. Disertasi ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi untuk mendapatkan gelar Doktor dalam Program Studi Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam di Program Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya.

Melalui kesempatan ini, saya ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada yang terhormat di bawah ini.

1. Pemerintah Republik Indonesia melalui Tim Manajemen Program Doktor, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Kebudayaan yang telah memberikan dana pendidikan.
2. Prof.H. Soedarto,dr., DTM&H., Ph.D sebagai Rektor Universitas Airlangga dan Prof.H. Bambang Rahino Setokoesomo,dr sebagai mantan Rektor yang telah memperkenankan penulis untuk mengikuti program Doktor di Program Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya.
3. Prof.Dr.H. SoedijonoTirtowidardjo,dr sebagai Direktur yang telah memberikan kesempatan pada penulis untuk melanjutkan pendidikan di Program Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya.
4. Prof. H. A. Soeparmo, MSc., sebagai promotor yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran dalam upaya memberikan wawasan, arahan, bimbingan dan saran-saran yang sangat berguna.
5. Prof.Dr.H. Tri Susanto, Ir., MApp.Sc., sebagai ko-promotor I yang memberikan waktu dalam mengarahkan, menambah wawasan, bimbingan dan saran-saran yang bermanfaat.
6. Prof.Dr.Hj. Kusningrum Rochiman,Ir.,MS sebagai ko-promotor II yang memberikan waktu dalam mengarahkan, menambah wawasan, bimbingan dan saran-saran yang berguna.

7. Prof.Dr. Nyoman Sutawan sebagai Rektor Universitas Udayana dan Prof. Wayan Sudjatha,Ir sebagai Ketua Program Studi Teknologi Pertanian, Universitas Udayana yang telah memberikan kesempatan dan mengizinkan untuk mengikuti pendidikan pascasarjana.
8. Ketua Yayasan Supersemar yang telah memberikan dana pendidikan dan penelitian untuk penyelesaian program Doktor.
9. Kepala BLIP Wonojati dan staf yang telah mengizinkan dan membantu penggunaan fasilitas Laboratorium Pertanian BLIP di Singosari Malang.
10. Kepala Laboratorium Sentral Ilmu dan Tekonologi Pangan Universitas Brawijaya, yang telah mengizinkan penggunaan fasilitas laboratorium untuk penelitian.

Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada yang terhormat Prof. Abdul Gani, SH, MS., Prof. Abdulbasir, Drs., Prof. Soetandyo Wignjosoebroto,Drs,MPA., Prof. H. A. Soeparmo, MSc., Prof. Soemadi, Drs, Apt., Prof. Dr. H. Tri Susanto, Ir.,MAppSc., Prof.Dr. Hj. Kusningrum Rochiman, Ir.,MS., Dr. H. M. Zainuddin,Apt., Dr. Amiruddin Prawita, Apt., Dr. Susanti Linuwih, M.Stat., Widodo JP, dr, MS, MPH.DrPH, Dr. H. Sarmanu, drh, MS., Dr. Ami Soewandi JS, Apt., sebagai staf pengajar di Program Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya yang telah memberikan berbagai bekal ilmu pengetahuan, arahan, kritikan, saran dan masukan.

Selain itu juga kepada tim penilai usulan penelitian dan kelayakan disertasi yang terdiri dari Prof. H. A. Soeparmo, MSc., Prof. Dr. H. Tri Susanto,Ir.,MAppSc., Prof.Dr. Hj. Kusningrum Rochiman,Ir.,MS., Prof. IGB Amitaba,drh., Prof. Dr. Koentjoro Soehadi,dr., Prof. Dr. H. Rochiman Sasmita,drh., MSc, Prof. Soemadi, Drs, Apt., Prof. Moenami Tampubolon, Ir., Koentoro,dr.,MPH.,Dr.PH yang telah memberikan berbagai kritikan dan masukan guna penyempurnaan penulisan disertasi.

Rekan-rekan mahasiswa Program Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya, khususnya Dr. Wignyanto,Ir.,MS., Susinggih

Wijana,Ir.,MS., Dr. Jantje Pongoh,Ir., MS., Wahyu Widodo, Ir.,MS.,
Dr. Hari Bowo, Ir.,MS., Mustikoweni, Ir.,MAgr., John Lodewyk Rantung,
Ir.,MS, Suhariningsih,Ir., dan Agus Krisno,Drs.,M.Ked yang telah
memberikan dukungan dan dorongan semangat.

Orang tua, istri, anak-anak dan adik-adik yang dengan penuh
kesabaran memohonkan doa dan memberikan semangat kepada penulis.

RINGKASAN

Pisang sebagai salah satu komoditi pertanian mempunyai potensi besar dalam pemasaran lokal, regional maupun internasional. Menurut Cahyono (1995), Indonesia mengekspor pisang sebesar 46.270 ton dengan nilai US\$ 14,828,000 pada tahun 1992. Sedang konsumsi lokal, menurut data BPS adalah 26,52 kg/tahun/kapita pada tahun 1988 meningkat menjadi 27,40 kg/tahun/kapita pada tahun 1992.

Besarnya potensi pasar juga diikuti peningkatan produksi dan pengembangan budidaya yang ditekankan pada varietas *cavendish*. Di Jawa Timur, khususnya Mojokerto telah dikembangkan 1000 Ha lahan perkebunan pisang varietas *cavendish*.

Potensi pasar dan produksi pisang yang besar tidak ada manfaatnya bila mutu pisang tidak dijaga dengan baik. Mutu yang rendah dapat terjadi karena kerusakan secara fisik, kimia dan mikrobiologis. Kerusakan lain yang cukup penting diperhatikan adalah kerusakan akibat proses fisiologis. Secara fisiologis, pisang masih melaksanakan respirasi dan memproduksi hormon pematangan (etilen). Oleh karena itu pengendalian respirasi merupakan faktor yang sangat menentukan dalam menjaga mutu dan memperpanjang masa simpan pisang.

Salah satu cara pengendalian laju respirasi adalah penerapan *modified atmosphere packaging* (MAP). Cara ini telah digunakan dalam pengendalian laju respirasi pisang, namun belum mengungkapkan 1) laju respirasi, 2) suhu optimum penyimpanan, 3) daerah *modified atmosphere*, 4) jenis kemasan, 5) konsentrasi media perendaman dalam hormon tumbuhan maupun, 6) masa simpan maksimum untuk varietas tertentu pisang.

Penelitian ini bertujuan menentukan 1) suhu optimum penyimpanan, 2) pengaruh perpaduan gas O₂ dan CO₂, 3) menentukan daerah *modified atmosphere*, 4) pengaruh jenis kemasan, 5) menentukan kemasan yang sesuai, 6) konsentrasi media perendaman dalam hormon tumbuhan, 7) masa simpan maksimum pisang *cavendish*.

Penelitian ini dilaksanakan dalam lima tahap percobaan. Tiga tahap pertama mendukung penentuan jenis kemasan yang sesuai untuk pisang *cavendish*. Pisang yang digunakan berumur 90 hari dari pembungaan dan letaknya pada sisir kedua. Pisang ini berasal dari perkebunan Bantur, Malang Selatan.

Percobaan I menentukan suhu penyimpanan, dengan menggunakan rancangan acak lengkap. Perlakuan suhu yang dicobakan adalah 10, 14, 18, 22, 26°C dan diulang tiga kali. Pengamatan meliputi 1) laju produksi CO₂, 2) laju konsumsi O₂, 3) RH, 4) laju susut berat, 5) laju susut kekerasan,

6) susut berat, 7) kerusakan, 8) skor warna, 9) kekerasan, 10) lama pematangan.

Percobaan II menentukan daerah MA, dengan menggunakan rancangan acak lengkap. Perlakuan perpaduan gas yang dicobakan adalah (2 ± 1 persen O_2 dan 6 ± 1 persen CO_2); (3 ± 1 persen O_2 dan 5 ± 1 persen CO_2); (4 ± 1 persen O_2 dan 4 ± 1 persen CO_2); (5 ± 1 persen O_2 dan 3 ± 1 persen CO_2) dan udara normal. Perlakuan ini diulang tiga kali. Pengamatan meliputi 1) kadar gula reduksi, 2) susut berat, 3) skor warna, 4) kekerasan dan 5) lama pematangan.

Percobaan III mengetahui pengaruh jenis kemasan, yang menggunakan rancangan acak lengkap. Perlakuan yang dicobakan adalah 1) polietilen densitas rendah, 2) *stretch film*, 3) *oriented polypropylene*, 4) polipropilen dan 5) tanpa kemasan. Perlakuan diulang tiga kali. Pengamatan meliputi a) skor warna b) kadar gula reduksi, c) susut berat, d) kekerasan, e) lama pematangan. Percobaan ini dilanjutkan dengan penentuan jenis kemasan menurut metode Mannapperuma *et al.*, (1989).

Percobaan IV menentukan konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin, dengan menggunakan rancangan acak lengkap. Perlakuan yang dicobakan meliputi 1) tanpa perendaman, perendaman dalam 2) 1 ppm BA, 3) 2 ppm BA, 4) 3 ppm BA, 5) 25 ppm GA_3 , 6) 50 ppm GA_3 dan 7) 75 ppm GA_3 . Perlakuan diulang tiga kali. Pengamatan meliputi a) skor warna b) lama pematangan c) kadar gula reduksi, d) susut berat, e) kekerasan daging dan f) kulit buah.

Percobaan V menentukan masa simpan maksimum dengan menggunakan rancangan acak lengkap. Perlakuan yang dicobakan antara lain 0, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 hari. Perlakuan diulang tiga kali. Pengamatan meliputi 1) skor warna, 2) lama pematangan, 3) kadar gula reduksi, 4) kadar total gula, 5) kadar tanin, 6) kadar total asam, 7) total padatan terlarut, 8) pH, 9) rasio gula / asam, 10) susut berat, 11) kekerasan daging dan kulit buah, 12) rasio berat daging / kulit, 13) kerusakan.

Selain ini masing-masing percobaan dilakukan uji kematangan. Data-data keseluruhan percobaan dianalisis dengan uji F dan uji perbandingan berganda Duncan.

Penyimpanan pada $14^\circ C$ dibandingkan suhu lain, lebih memperkecil respirasi, RH, susut berat dan laju susut berat, nilai tekstur dan laju nilai tekstur, skor warna serta kerusakan kecuali lama pematangan alami. Namun beberapa variabel mutu relatif lebih besar jika dibandingkan pisang dalam suhu $10^\circ C$ meskipun tingkat kerusakan jauh lebih rendah. Laju respirasi yang diberikan oleh pisang dalam suhu $14^\circ C$ adalah 0,93 ml/kg.jam dengan skor warna 4,00 dan kerusakan 0 persen.

Daerah MA untuk penyimpanan pisang *cavendish* adalah 1 sampai dengan 4 persen O_2 dan 4 sampai dengan 7 persen CO_2 . Secara umum

daerah MA menekan skor warna, kadar gula reduksi, susut berat dan nilai tekstur kecuali lama dan susut berat dalam pematangan pisang *cavendish*. Rata-rata skor warna yang diberikan adalah 2,09 dengan kadar gula reduksi 1,72 persen, susut berat 1,15 persen dan nilai tekstur $46,50 \times 10^{-4}$ mm/gr.dt.

Kemasan yang sesuai untuk penyimpanan pisang *cavendish* adalah polietilen densitas rendah. Kemasan ini cenderung menurunkan skor warna, kadar gula reduksi, susut berat, nilai tekstur, kelembaban relatif dan konsentrasi O₂ atmosfer namun meningkatkan lama dan susut berat dalam pematangan serta konsentrasi CO₂ atmosfer pisang. Kemasan ini menyebabkan pisang mempunyai skor warna 2,16 dengan kadar gula reduksi 3,11 persen, susut berat 3,16 persen dan nilai tekstur $50,30 \times 10^{-4}$ mm/gr.dt.

Perendaman dalam 2 ppm BA merupakan konsentrasi media perendaman yang paling efektif untuk pisang *cavendish*. Konsentrasi media perendaman ini mampu menekan skor warna, kadar gula reduksi, susut berat, nilai tekstur daging dan kulit buah tetapi memperbesar lama dan susut berat pematangan alami. Pisang dalam konsentrasi ini memberikan skor warna 2,00 dengan kadar gula reduksi 2,53 persen, susut berat 1,60 persen, nilai tekstur daging buah $40,00 \times 10^{-4}$ mm/gr.dt dan nilai tekstur kulit buah $13,67 \times 10^{-4}$ mm/gr.dt.

Penerapan perendaman pisang *cavendish* dalam 2 ppm BA dan penyimpanan pada 14°C dalam daerah MA (1 sampai dengan 4 persen O₂ dan 4 sampai dengan 7 persen CO₂) dengan kemasan polietilen densitas rendah memberikan masa simpan 42 hari. Pada masa simpan maksimum, pisang memberikan skor warna 7,00 dengan kadar gula reduksi 13,76 persen serta kerusakan 0 persen. Selama penyimpanan terjadi peningkatan skor warna, kadar gula reduksi, total gula, total asam, total padatan terlarut, rasio gula / asam, rasio berat daging / kulit, nilai tekstur daging dan kulit buah serta susut berat, namun demikian menurunkan pH, kadar tanin, rasio berat daging/kulit dan susut berat serta lama pematangan alami.

ABSTRACT

Key words : cavendish banana, postharvest management, respiration rate, modified atmosphere packaging, low density polyethylene, benzyladenine solution.

Banana is one of several Indonesian agricultural commodities which has a important economic potential either in the local and international markets. There is an increase in banana production in Indonesia especially the cavendish variety. In Mojokerto, East Java, it has been developed about 1000 Ha of cavendish banana plantation.

One of the main problem of fresh banana market is short storage life due to its climacterical respiration process. Therefore the objective of these research were to find 1) optimum storage temperature, 2) optimum ratio of O₂ and CO₂, 3) type of modified atmosphere, 4) suitable packaging material, 5) appropriate hormone to delay ripening and 6) maximum storage life of banana.

The banana used in these experiment were selected from 90 days after flowering harvest from Bantur Plantation of Southern Malang.

Experiment on the storage temperature showed that storing at 14°C could decrease respiration rate, weight loss and its hardness compared to 10, 18, 22°C and room temperature (26°C). Respiration rate at 14°C was 0.93 ml/kg/hr.

Area of modified atmosphere (MA) for banana storage was 1 to 4 percent of O₂ and 4 to 7 percent of CO₂. This area of modified atmosphere could reduce the increase of reduction sugar content, weight loss and colour score of banana. Banana stored in these conditions contained 1.72 percent reduction sugar having colour score of 2.09, texture of 46.50×10^{-4} mm/g/sec and weight loss of 1.15 percent only.

The best packaging material for banana storage was low density polyethylene. This type of packaging could reduce respiration process which was shown by preventing green colour of banana peel (score of 2.16). Low reduction sugar (3.11 percent), weight loss of 3.16 percent and hard texture of 50.30×10^{-4} mm/g/sec were also shown by this stored banana.

Soaking in 2 ppm of benzyladenine (BA) solution for 3 minutes could prolong the storage life of banana compared to other chemical treatment.

Therefore, banana treatment with 2 ppm BA and stored at 14°C in the area MA of 1 to 4 percent O₂ and 4 to 7 percent CO₂ and packed with low density polyethylene could prolonged its storage life up to 42 days without any damages.

DAFTAR ISI

	Hal
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xx
DAFTAR SINGKATAN DAN ISTILAH	xxiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang	1
1.2. Rumusan masalah	5
1.3. Tujuan penelitian	5
1.4. Manfaat penelitian	7
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Landasan teori	8
2.1.1. Buah pisang	8
2.1.2. Faktor fisiologis yang mempengaruhi masa simpan dan mutu buah	10
2.1.2.1. Respirasi	10
2.1.2.2. Etilen	16
2.1.2.3. Perubahan saat pematangan	19
2.1.3. Atmosfer termodifikasi (<i>modified atmosphere</i> atau MA).....	27
2.1.4. Hormon tumbuhan penghambat pematangan ..	36
2.2. Landasan empiris	38
2.2.1. Pengaruh suhu terhadap laju respirasi, masa simpan dan mutu buah	38
2.2.2. Kondisi MA dan pengaruhnya terhadap mutu buah	40
2.2.3. Pengaruh pengemasan dengan film terhadap konsentrasi gas keseimbangan dan mutu buah	42
2.2.4. Pengaruh hormon tumbuhan selama pematangan dan penuaan	44
BAB 3. KERANGKA KONSEPTUAL, OPERASIONAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN	46
3.1. Kerangka konseptual penelitian	46
3.2. Kerangka operasional penelitian pendahuluan.....	47

3.3. Kerangka operasional penelitian utama.....	48
3.4. Hipotesis penelitian	58
BAB 4. METODE PENELITIAN	60
4.1. Percobaan I : Penentuan suhu penyimpanan pisang <i>cavendish</i>	61
4.2. Percobaan II : Penentuan daerah MA pisang <i>cavendish</i>	65
4.3. Percobaan III : Pengaruh jenis kemasan film terhadap mutu pisang	69
4.4. Percobaan IV : Penentuan konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin	72
4.5. Percobaan V : Penentuan masa simpan	75
BAB 5. HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS HASIL PENELITIAN .	79
5.1. Penelitian pendahuluan	79
5.2. Percobaan I : Penentuan suhu penyimpanan pisang <i>cavendish</i>	80
5.3. Percobaan II : Penentuan daerah MA pisang <i>cavendish</i>	90
5.4. Percobaan III : Pengaruh jenis kemasan terhadap mutu pisang <i>cavendish</i> dan konsentrasi gas dalam kemasan	97
5.5. Percobaan IV : Penentuan konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin	106
5.6. Penentuan masa simpan maksimum pisang <i>cavendish</i>	115
BAB 6. PEMBAHASAN	137
6.1. Percobaan I : Penentuan suhu penyimpanan pisang <i>cavendish</i>	137
6.2. Percobaan II : Penentuan daerah MA pisang <i>cavendish</i>	149
6.3. Percobaan III : Pengaruh jenis kemasan film terhadap mutu dan konsentrasi gas dalam kemasan	158
6.4. Percobaan IV : Penentuan konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin	170
6.5. Percobaan V : Penentuan masa simpan	181
BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN	197
7.1. Kesimpulan	197

7.2. Saran	198
DAFTAR PUSTAKA	200
LAMPIRAN	206

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 : Kondisi CA yang disarankan selama pengangkutan dan penyimpanan buah-buahan (Kader, 1985)	32
Tabel 2.2 : Jenis dan permeabilitas film yang tersedia sebagai kemasan produk segar (Zagory dan Kader, 1988) ..	33
Tabel 2.3 : Konsentrasi O ₂ dan CO ₂ keseimbangan dalam kemasan buah pisang (Daun <i>et al.</i> , 1973)	43
Tabel 2.4 : Mutu buah apel yang dikemas dengan kemasan film berbeda setelah 8 hari pada suhu 20°C (Smith <i>et al.</i> , 1975)	44
Tabel 5.1 : Pengaruh suhu penyimpanan pisang <i>cavendish</i> terhadap laju produksi CO ₂ , laju konsumsi O ₂ dan kelembaban relatif	81
Tabel 5.2 : Pengaruh suhu penyimpanan terhadap laju susut berat dan laju susut kekerasan pisang <i>cavendish</i>	83
Tabel 5.3 : Pengaruh suhu penyimpanan terhadap susut berat dan nilai transformasi kerusakan pisang <i>cavendish</i>	85
Tabel 5.4 : Pengaruh suhu penyimpanan terhadap skor warna dan lama pematangan pisang <i>cavendish</i>	87
Tabel 5.5 : Pengaruh suhu penyimpanan terhadap susut berat setelah pematangan pisang <i>cavendish</i>	88
Tabel 5.6 : Pengaruh suhu penyimpanan terhadap nilai tekstur setelah pematangan pisang <i>cavendish</i>	89
Tabel 5.7 : Pengaruh suhu penyimpanan terhadap nilai matriks perkalian antara bobot dengan mutu pisang <i>cavendish</i>	90
Tabel 5.8 : Pengaruh perpaduan gas penyimpanan terhadap skor warna, lama pematangan pisang <i>cavendish</i> secara alami maupun dengan CaC ₂	91

Tabel 5.9 : Pengaruh perpaduan gas terhadap kadar gula reduksi setelah penyimpanan dan pematangan pisang <i>cavendish</i>	93
Tabel 5.10 : Pengaruh perpaduan gas terhadap susut setelah penyimpanan dan pematangan pisang <i>cavendish</i>	94
Tabel 5.11 : Pengaruh perpaduan gas terhadap nilai tekstur setelah penyimpanan dan pematangan pisang <i>cavendish</i>	96
Tabel 5.12 : Pengaruh perpaduan gas terhadap nilai matriks perkalian bobot dengan mutu pisang <i>cavendish</i>	96
Tabel 5.13 : Pengaruh jenis kemasan terhadap skor warna, lama pematangan pisang <i>cavendish</i> secara alami maupun dengan CaC_2	98
Tabel 5.14 : Pengaruh jenis kemasan terhadap kadar gula reduksi setelah penyimpanan dan pematangan pisang <i>cavendish</i>	99
Tabel 5.15 : Pengaruh jenis kemasan terhadap susut berat setelah penyimpanan dan pematangan pisang <i>cavendish</i>	101
Tabel 5.16 : Pengaruh jenis kemasan terhadap nilai tekstur setelah penyimpanan dan pematangan pisang <i>cavendish</i>	102
Tabel 5.17 : Pengaruh jenis kemasan terhadap nilai matriks perkalian bobot dengan mutu pisang <i>cavendish</i>	103
Tabel 5.18 : Pengaruh jenis kemasan terhadap konsentrasi CO_2 , O_2 dan kelembaban relatif	104
Tabel 5.19 : Pengaruh konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin terhadap skor warna dan lama pematangan pisang <i>cavendish</i> secara alami maupun dengan CaC_2	108
Tabel 5.20 : Pengaruh konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin terhadap kadar gula reduksi setelah penyimpanan dan pematangan pisang <i>cavendish</i>	109

Tabel 5.21 : Pengaruh konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin terhadap susut berat setelah penyimpanan dan pematangan pisang <i>cavendish</i>	110
Tabel 5.22 : Pengaruh konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin terhadap nilai tekstur daging buah setelah penyimpanan dan pematangan pisang <i>cavendish</i>	112
Tabel 5.23 : Pengaruh konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin terhadap nilai tekstur kulit buah setelah penyimpanan dan pematangan pisang <i>cavendish</i>	113
Tabel 5.24 : Pengaruh konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin terhadap nilai matriks perkalian antara bobot dengan mutu pisang <i>cavendish</i>	114
Tabel 5.25 : Pengaruh lama penyimpanan terhadap skor warna dan lama pematangan pisang <i>cavendish</i>	116
Tabel 5.26 : Pengaruh lama penyimpanan terhadap kadar gula reduksi setelah penyimpanan dan pematangan pisang <i>cavendish</i>	118
Tabel 5.27 : Pengaruh lama penyimpanan terhadap kadar total gula setelah penyimpanan dan pematangan pisang <i>cavendish</i>	119
Tabel 5.28 : Pengaruh lama penyimpanan terhadap kadar total asam setelah penyimpanan dan pematangan pisang <i>cavendish</i>	121
Tabel 5.29 : Pengaruh lama penyimpanan terhadap pH setelah penyimpanan dan pematangan pisang <i>cavendish</i>	122
Tabel 5.30 : Pengaruh lama penyimpanan terhadap total padatan terlarut setelah penyimpanan dan pematangan pisang <i>cavendish</i>	124
Tabel 5.31 : Pengaruh lama penyimpanan terhadap kadar tanin setelah penyimpanan dan pematangan pisang <i>cavendish</i>	125

Tabel 5.32 : Pengaruh lama penyimpanan terhadap rasio gula / asam setelah penyimpanan dan pematangan pisang <i>cavendish</i>	127
Tabel 5.33 : Pengaruh lama penyimpanan terhadap rasio berat daging/kulit setelah penyimpanan dan pematangan pisang <i>cavendish</i>	128
Tabel 5.34 : Pengaruh lama penyimpanan terhadap nilai tekstur daging buah pisang <i>cavendish</i> setelah penyimpanan dan pematangan	130
Tabel 5.35 : Pengaruh lama penyimpanan terhadap nilai tekstur kulit buah setelah penyimpanan dan pematangan pisang <i>cavendish</i>	131
Tabel 5.36 : Pengaruh lama penyimpanan terhadap susut berat setelah penyimpanan dan pematangan serta kerusakan pisang <i>cavendish</i>	133
Tabel 5.37 : Pengaruh lama penyimpanan terhadap nilai matriks perkalian antara bobot dengan mutu pisang <i>cavendish</i>	136

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 : Ukuran kegemukan sebagai petunjuk pemanenan pisang (Makfoeld, 1992)	9
Gambar 2.2 : Perubahan laju respirasi pada fase perkembangan buah pisang (Simmonds, 1996) ..	13
Gambar 2.3 : Lintasan pembentukan etilen melalui daur methionin (Keon dan Yang, 1987)	17
Gambar 2.4 : Kompetisi CO ₂ dan etilen dalam menempati reseptor logam enzim (Beyer, 1979).....	18
Gambar 2.5 : Kandungan klorofil total dan pigmen kuning selama pematangan buah pisang India pada suhu 20°C (Salunkhe dan Desai, 1984)	20
Gambar 2.6 : Perubahan kekerasan pisang India selama pematangan pada suhu 20°C (Salunkhe dan Desai, 1984)	21
Gambar 2.7 : Degradasi karbohidrat selama pematangan pisang (Wills et al., 1982).....	22
Gambar 2.8 : Kandungan gula reduksi dan pati .. varietas buah pisang India selama pematangan pada suhu 20°C (Salunkhe dan Desai, 1984).....	23
Gambar 2.9 : Kandungan asam dalam buah pisang selama pematangan pada 20°C (Salunkhe dan Desai, 1984)	24
Gambar 2.10 : Kandungan tanin pada fase perkembangan buah pisang pematangan (Simmonds, 1966)	25
Gambar 2.11 : Perubahan laju transpirasi pada perkembangan buah pisang (Simmonds, 1966)	26
Gambar 2.12 : Kurva polietilen densitas rendah dan tanpa kemasan dengan daerah MA yang disarankan	

	untuk buah-buahan (Mannaperuma dan Singh, 1990)	34
Gambar 2.13 :	Kurva hubungan beberapa kemasan film dan tanpa kemasan daerah MA salak pondoh (Gunadnya, 1993).....	35
Gambar 2.14 :	Perubahan relatif konsentrasi O ₂ dan CO ₂ selama pengemasan dengan MA pasif dan aktif (Zagory dan Kader, 1988).....	36
Gambar 2.15 :	Rumus kimia bensiladenin dan GA ₃ (Susanto, 1994).....	38
Gambar 3.1 :	Model kerangka konseptual penelitian	46
Gambar 3.2 :	Model kerangka operasional penelitian pendahuluan.....	47
Gambar 3.3 :	Model organisasi penelitian	48
Gambar 3.4 :	Model percobaan I : penentuan suhu penyimpanan pisang <i>cavendish</i> ; Model menguji pengaruh suhu penyimpanan terhadap laju respirasi dan mutu pisang <i>cavendish</i>	49
Gambar 3.5 :	Model percobaan II : penentuan daerah MA untuk pisang <i>cavendish</i> ; Model menguji pengaruh perpaduan konsentrasi O ₂ dan CO ₂ terhadap mutu pisang <i>cavendish</i>	51
Gambar 3.6 :	Model percobaan III : pengaruh jenis kemasan film terhadap mutu dan konsentrasi gas dalam kemasan; Model menguji pengaruh jenis kemasan film terhadap mutu dan konsentrasi gas O ₂ dan CO ₂ dalam kemasan	52
Gambar 3.7 :	Skema penentuan kemasan film yang sesuai untuk pisang <i>cavendish</i>	54
Gambar 3.8 :	Model percobaan IV : penentuan konsentrasi media perendaman dalam hormon tumbuhan; Model menguji pengaruh konsentrasi media perendaman dalam hormon tumbuhan terhadap mutu pisang <i>cavendish</i>	55

Gambar 3.9	: Model percobaan V : penentuan masa simpan maksimum pisang <i>cavendish</i> ; Model menguji pengaruh lama simpan terhadap mutu pisang <i>cavendish</i>	57
Gambar 4.1	: Stoples untuk penyimpanan pisang <i>cavendish</i> dengan sistem tertutup	63
Gambar 4.2	: Stoples untuk penyimpanan pisang <i>cavendish</i> dengan pemberian pipa plastik	67
Gambar 5.1	: Perubahan warna pisang selama penyimpanan sebagai <i>colour chart</i>	79
Gambar 5.2	: Perubahan pisang <i>cavendish</i> pada suhu penyimpanan yang berbeda	80
Gambar 5.3	: Grafik hubungan suhu penyimpanan pisang <i>cavendish</i> dengan laju produksi CO ₂ , laju konsumsi O ₂ dan kelembaban relatif	82
Gambar 5.4	: Grafik hubungan suhu penyimpanan dengan laju susut berat dan laju susut kekerasan pisang <i>cavendish</i>	84
Gambar 5.5	: Grafik hubungan antara suhu penyimpanan pisang <i>cavendish</i> dengan susut berat dan nilai transformasi kerusakan	86
Gambar 5.6	: Perubahan pisang <i>cavendish</i> pada berbagai perpaduan gas	90
Gambar 5.7	: Perubahan pisang <i>cavendish</i> pada berbagai jenis kemasan	97
Gambar 5.8	: Grafik hubungan daerah MA pisang <i>cavendish</i> dengan garis kemasan	105
Gambar 5.9	: Perubahan pisang <i>cavendish</i> pada berbagai konsentrasi perendaman dalam hormon tumbuhan	106
Gambar 5.10	: Perubahan pisang <i>cavendish</i> selama penyimpanan	115

DAFTAR SINGKATAN DAN ISTILAH

Daftar Singkatan

ACC	=	1-aminocyclopropane 1-carboxyl acid
ATP	=	adenosine 5- triphosphate
BA	=	benzyladenin
BPS	=	Badan Pusat Statistika
CA	=	controlled atmosphere
FAD	=	flavine adenine dinucleotide
FADH ₂	=	flavine adenine dinucleotide dihidro
GA ₃	=	giberellic acid
IAA	=	indol acetic acid
MA	=	modified atmosphere
MAP	=	modified atmosphere packaging
NAA	=	naftalene acetic acid
NAD	=	nicotinamide adenine dinucleotide
NADH	=	nicotinamide adenine dinucleotide monohidro
PE	=	polyethylene
RQ	=	respiratory quotient
RH	=	relative humidity
SAM	=	sulphur adenosyl methionine
TCD	=	thermal conductivity detector
i.d.	=	internal diameter
o.d.	=	outernal diameter

DAFTAR SINGKATAN DAN ISTILAH

Daftar Singkatan

ACC	=	1-aminocyclopropane 1-carboxyl acid
ATP	=	adenosine 5- triphosphate
BA	=	benzyladenin
BPS	=	Badan Pusat Statistika
CA	=	controlled atmosphere
FAD	=	flavine adenine dinucleotide
FADH ₂	=	flavine adenine dinucleotide dihidro
GA ₃	=	giberellic acid
IAA	=	indol acetic acid
MA	=	modified atmosphere
MAP	=	modified atmosphere packaging
NAA	=	naftalene acetic acid
NAD	=	nicotinamide adenine dinucleotide
NADH	=	nicotinamide adenine dinucleotide monohidro
PE	=	polyethylene
RQ	=	respiratory quotient
RH	=	relative humidity
SAM	=	sulphur adenosyl methionine
TCD	=	thermal conductivity detector
i.d.	=	internal diameter
o.d.	=	outernal diameter

Daftar Istilah

Aerob	: dengan menggunakan oksigen
Anaerob	: tanpa menggunakan oksigen
Astringent	: rasa kelat
Chilling injury	: kerusakan komoditi hortikultura akibat penyimpanan pada suhu rendah
Controlled atmosphere	: konsentrasi gas lingkungan yang berbeda dengan kondisi udara normal dan dipertahankan terus menerus
Colour chart	: carta warna-warna pisang yang digunakan sebagai pembanding
Maturity	: fase pendewasaan buah
Modified atmosphere packaging	: pengemasan dengan pengaturan konsentrasi gas lingkungan komoditi yang berbeda dengan kondisi normal
Non chilling sensitive	: komoditi yang tidak mudah rusak pada penyimpanan suhu rendah
Off flavour	: aroma asing yang timbul dari komoditi
Pascaklimakterik	: fase setelah terjadi puncak respirasi
Polibag	: kantong plastik dari jenis polietilen
Respiratory quotient	: rasio CO ₂ yang diproduksi dengan O ₂ yang dikonsumsi dalam respirasi
Ripening	: fase pematangan buah

- Senescence : fase penuaan yang dilanjutkan dengan kerusakan komoditi
- Senyawa volatil : senyawa yang mudah menguap
- ^oBrix : satuan kepekatan berdasarkan pembiasan cahaya

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dinamika pembangunan telah menyebar ke berbagai bidang termasuk bidang pertanian. Pembangunan pertanian tetap menjadi tumpuan bagi sebagian besar penduduk Indonesia. Sejak Pelita IV, pembangunan sektor pertanian bukanlah semata-mata meningkatkan produksi komoditi pertanian, tetapi juga diarahkan untuk mewujudkan kesejahteraan petani dengan landasan konsep agribisnis.

Seirama dengan pengembangan agribisnis, peningkatan penerangan pasca panen dan pengelolaan komoditi pertanian sangat perlu diperhatikan. Kegiatan itu tentu membutuhkan seperangkat teknologi tepat guna, yang memberikan peningkatan nilai tambah maupun pengamanan komoditi pertanian dari kerusakan yang tidak diinginkan. Salah satu komoditi yang cukup mendapat perhatian adalah buah pisang.

Pisang sebagai salah satu komoditi pertanian mempunyai potensi besar dalam pemasaran lokal, regional maupun internasional. Besarnya potensi pasar dapat dilihat dari peningkatan ekspor ke negara-negara lain. Menurut Cahyono (1995), Indonesia mengekspor pisang seberat 46.270 ton dengan nilai US\$ 14.828.000 pada tahun 1992. Sedang permintaan lokal sendiri, semakin meningkat dengan bertambahnya jumlah penduduk, pendidikan dan kesadaran akan pentingnya gizi masyarakat.

Besarnya potensi pasar tersebut juga diikuti oleh peningkatan produksi dan pengembangan budidaya pisang. Pada tahun 1994, produksinya mencapai 3.716.000 ton dan mengalami peningkatan menjadi 4.029.000 ton pada tahun 1995. Sedang sasaran produksi tahun 1996 dan 1997, masing-masing seberat 4.369.000 ton dan 4.737.000 ton (Cahyono, 1995). Selanjutnya, pengembangan budidaya pisang untuk ekspor lebih banyak ditekankan pada varietas *cavendish*, seperti yang dikembangkan di daerah Tawas, Kabupaten Mojokerto seluas \pm 1000 Ha.

Potensi pasar, produksi dan pengembangan budidaya pisang yang besar tidak akan bermanfaat bila mutu pisang tidak dijaga dengan baik. Mutu pisang yang rendah akan mempengaruhi harga dan permintaan buah tersebut. Mutu yang rendah dapat terjadi karena kerusakan baik secara fisik (memar, patah), kimiawi (bercak coklat) dan mikrobiologis (busuk). Tingkat kehilangan produksi pisang akibat kerusakan tersebut mencapai 20 sampai dengan 80 persen (Anonymous, 1978).

Selain itu, kerusakan lain yang cukup penting dan terkait dengan kerusakan kimiawi adalah kerusakan akibat proses fisiologis. Secara fisiologis, pisang segar digolongkan sebagai buah klimakterik. Buah klimakterik adalah buah yang mengalami peningkatan respirasi pada saat pematangan dan kemudian diikuti dengan penurunan yang berkelanjutan (Kartasapoetra, 1994). Peningkatan laju respirasi ini, diikuti pula dengan peningkatan kandungan hormon pematangan (etilen), perubahan secara

fisik, kimiawi, warna, rasa dan aroma (Makfoeld, 1992). Dengan demikian, buah klimakterik termasuk pisang, tidak dapat disimpan lama karena setelah panen segera mengalami kerusakan. Hal ini merupakan masalah bagi pisang yang akan dipasarkan dalam jumlah besar, misalnya pisang yang diekspor. Seperti diketahui, pisang yang diekspor harus tetap mempunyai mutu baik selama penyimpanan. Oleh karena itu berbagai upaya telah dilakukan untuk memperpanjang masa simpan, misalnya : pelapisan lilin pada kulit buah, penggunaan suhu rendah, penggunaan bahan kimia, radiasi, kontrol atmosfer dan penggunaan hormon tumbuhan. Hormon tumbuhan yang dimaksud adalah hormon tertentu yang kerjanya bersifat antagonis dengan hormon pematangan (etilen). Selain menghambat laju respirasi dan produksi etilen, hormon tersebut juga menghambat kerja enzim yang aktif dalam pematangan.

Annijawati (1993) menunjukkan penundaan kematangan hingga 10 hari dibanding kontrol ketika pisang ambon putih (80 hari dari pembungaan) direndam selama 3 menit dalam campuran 75 ppm GA_3 , 10 ppm NAA dan 2 ppm BA. Sementara itu, Agustini (1997) telah memperlakukan pisang ambon kuning dalam sistem kontrol atmosfer selama 20 hari dalam aliran gas campuran 5 persen O_2 yang mendapatkan masa simpan hingga 32 hari. Namun demikian, upaya-upaya tersebut belum memberikan masa simpan yang maksimum. Oleh karena itu perlu dicari cara-cara lain yang dapat memberikan kondisi

penyimpanan yang mampu memperpanjang masa simpan dan mempertahankan mutu buah pisang.

Seperti telah dijelaskan di atas, pematangan buah pisang terkait dengan peningkatan laju respirasi dan pengaruh hormon pematangan (etilen). Oleh karena itu pengendalian respirasi merupakan faktor yang sangat menentukan dalam upaya memperpanjang masa simpan buah pisang.

Pengemasan dalam "plastik" dengan atmosfer termodifikasi (*Modified Atmosphere Packaging* atau MAP) merupakan salah satu cara pengendalian laju respirasi. Dengan cara ini, kandungan O_2 yang dibutuhkan respirasi dikurangi, sebaliknya kandungan CO_2 dalam kemasan meningkat pada suhu tertentu, sehingga respirasi terhambat.

Penerapan MAP untuk memperpanjang masa simpan buah pisang telah dilakukan, namun penelitian sebelumnya belum mengungkapkan laju respirasi, suhu optimum penyimpanan, daerah *modified atmosphere* (MA), jenis kemasan, konsentrasi media perendaman dalam hormon tumbuhan dan masa simpan maksimum untuk khususnya varietas pisang tertentu.

Penelitian ini direncanakan untuk mengungkapkan laju respirasi, suhu optimum penyimpanan, daerah *modified atmosphere* (MA), jenis kemasan, konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin serta untuk mendapatkan masa simpan maksimum pisang *cavendish* yang disimpan dengan menggunakan MAP.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah dalam penelitian dapat dirumuskan seperti berikut ini.

- a. Apakah suhu optimum penyimpanan ditentukan oleh laju respirasi, mutu simpan dan mutu pematangan pisang *cavendish* ?
- b. Apakah ada pengaruh perpaduan gas O_2 dan CO_2 terhadap mutu simpan dan mutu pematangan pisang *cavendish* ?
- c. Apakah daerah *modified atmosphere* ditentukan oleh mutu simpan dan mutu pematangan pisang *cavendish* ?
- d. Apakah jenis kemasan berpengaruh terhadap mutu simpan, mutu pematangan pisang *cavendish* dan konsentrasi gas dalam kemasan?
- e. Apakah jenis kemasan yang sesuai untuk pisang *cavendish* ditentukan oleh daerah MA, koefisien permeabilitas kemasan, konsentrasi gas dan perbandingan laju produksi CO_2 terhadap konsumsi O_2 ?
- f. Apakah ada pengaruh konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin (BA) maupun asam giberelin (GA_3) terhadap mutu simpan dan mutu pematangan pisang *cavendish* ?
- g. Apakah masa simpan maksimum ditentukan oleh mutu simpan dan mutu pematangan pisang *cavendish* ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini terbagi menjadi dua yaitu tujuan umum dan khusus. Masing-masing dijelaskan berikut ini.

1.3.1. Tujuan umum

Tujuan penelitian secara umum adalah

- (a) mengembangkan model pengelolaan pasca panen produksi pisang *cavendish*;
- (b) mendapatkan cara penyimpanan yang secara optimum dapat memperpanjang masa simpan pisang *cavendish* dengan kerusakan minimum.

1.3.2. Tujuan khusus

Tujuan penelitian secara khusus adalah

- (a) menentukan suhu optimum penyimpanan pisang *cavendish* yang mempunyai laju respirasi terendah dengan mutu simpan dan pematangan terbaik;
- (b) mengetahui pengaruh perpaduan gas O₂ dan CO₂ terhadap mutu simpan dan pematangan pisang *cavendish*;
- (c) menentukan daerah *modified atmosphere* (MA) untuk menyimpan pisang *cavendish*;
- (d) mengetahui pengaruh jenis kemasan terhadap mutu simpan dan pematangan pisang *cavendish* serta konsentrasi gas dalam kemasan;
- (e) menentukan jenis kemasan yang sesuai untuk penyimpanan pisang *cavendish*;
- (f) menentukan konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin yang sesuai untuk pisang *cavendish*;
- (g) menentukan masa simpan maksimum buah pisang *cavendish*.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan harapan dapat bermanfaat untuk:

- (a) memberikan informasi kepada petani, pedagang , eksportir dan pelaku penanganan pasca panen lainnya dalam memilih cara penanganan buah pisang *cavendish* serta memilih jenis kemasan yang sesuai;
- (b) memberikan sumbangan pengembangan ilmu dan teknologi pasca panen buah pisang *cavendish*.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Landasan Teori

2.1.1. Buah pisang

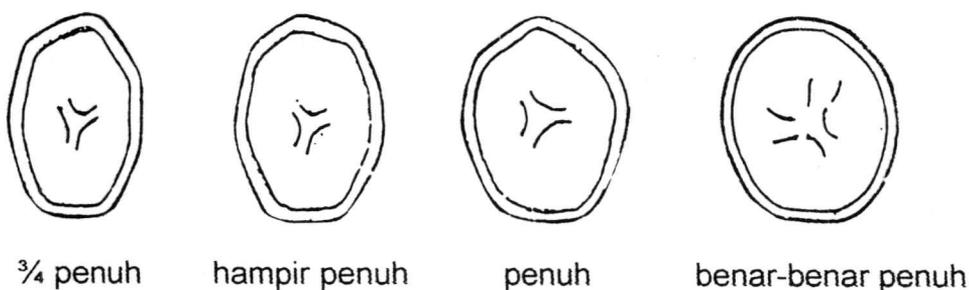
Pisang (*Musa paradisiaca*) termasuk famili Musaceae yang berasal dari Asia Tenggara, tetapi saat ini telah tersebar ke seluruh dunia. Pisang ini merupakan tumbuhan dataran rendah tropika yang menghendaki tipe iklim basah dengan suhu antara 22 sampai dengan 35° C. Curah hujan yang dikehendaki antara 1000 sampai dengan 3000 mm/tahun (Sunarjono, 1981).

Menurut Rismunandar (1989), jenis-jenis pisang dibagi dalam tiga golongan besar, yaitu : a) pisang yang dimakan sebagai buah meja seperti pisang raja, ambon, b) pisang yang dimakan setelah diolah seperti pisang kepok, c) pisang yang berbiji. Saat ini yang banyak dibudidayakan untuk keperluan ekspor adalah pisang ambon kuning dan putih (*gros michel*), pisang badak (*cavendish*) serta pisang lacatan yang meliputi ambon hijau, ambon jepang dan barangan. Dibandingkan varietas lainnya, pisang badak (*cavendish*) mempunyai kulit yang lebih tebal, dengan warna kuning berbintik hitam. Daging buahnya berwarna putih kekuningan, dengan rasa manis agak masam dan aroma kurang harum. Selain itu umur panennya juga lebih pendek (Cahyono, 1995).

Buah pisang dipanen saat mencapai masak fisiologis yaitu buah sudah tua, tetapi belum dapat dimakan dan selama penyimpanan akan

mengalami proses pematangan. Lama pematangan pisang berbeda-beda tergantung varietas dan umur panennya (Soedibyo dkk. , 1990).

Pisang dapat dipanen pada saat mempunyai ukuran kegemukan buah $\frac{3}{4}$ penuh (80 hari), hampir penuh (90 hari), penuh (100 hari) dan benar-benar penuh (110 hari) setelah pembungaan. Ukuran kegemukan buah pisang dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Ukuran kegemukan sebagai petunjuk pemanenan pisang (Makfoeld, 1992)

Menurut Cahyono (1995), selain tergantung pada varietas, saat pemanenan pisang juga tergantung pada waktu yang dibutuhkan dalam transportasi. Transportasi pisang yang memerlukan waktu 2 sampai dengan 3 minggu, sebaiknya dilakukan pemanenan pisang pada ukuran $\frac{3}{4}$ penuh (80 hari setelah pembungaan). Jika pisang dibutuhkan segera untuk pasar lokal, maka pemanenan dilakukan pada ukuran kegemukan benar-benar penuh (110 hari setelah pembungaan). Pisang dengan kegemukan benar-benar penuh, akan mengalami pematangan dalam waktu 3 sampai dengan 4 hari.

Kriteria pemanenan buah pisang dapat didasarkan atas sifat fisik, kimia maupun fisiologinya seperti ukuran kegemukan, rasio diameter / panjang, rasio gula / asam, rasio berat daging / kulit, berat jenis, produksi CO₂ maksimum dan minimum, serta berdasarkan umur buah yang dihitung dari saat bunga pertama mekar (Simmonds, 1966).

Buah pisang mempunyai nilai gizi yang cukup tinggi sebagai sumber karbohidrat, vitamin dan mineral. Kandungan karbohidratnya terutama berupa pati dan gula. Pisang mentah mengandung pati sekitar 20 persen dan gula berkisar antara 1 sampai dengan 2 persen, sedang pisang matang mengandung pati antara 1 sampai dengan 2 persen dan gula antara 15 sampai dengan 20 persen (Simmonds, 1966). Gula dalam pisang terdiri atas senyawa-senyawa : glukosa (7,6 persen), fruktosa (6,6 persen) dan sukrosa (4 persen). Daging buah juga mengandung vitamin A, vitamin B1, dan vitamin C serta mineral seperti kalsium, fosfor dan besi (Cahyono, 1995).

2.1.2. Faktor fisiologis yang mempengaruhi masa simpan dan mutu buah

2.1.2.1. Respirasi

Respirasi merupakan perombakan molekul yang lebih kompleks (makro molekul) seperti pati, gula dan asam organik dengan bantuan oksigen (*oksidatif*) menjadi molekul yang lebih sederhana, seperti karbondioksida, air sekaligus dihasilkan energi (Susanto, 1994). Reaksi ini dapat berlangsung secara aerob atau anaerob. Secara umum pada kondisi lingkungan udara yang mengandung cukup oksigen, respirasi berjalan secara aerob. Kekurangan

oksigen akan mendorong respirasi anaerob yang menghasilkan aroma menyimpang (*off flavour*).

Respirasi aerob merupakan proses katabolik yang bertujuan memperoleh energi untuk kehidupan. Jalur katabolik untuk menghasilkan energi ini dapat dibagi menjadi empat tingkat dan dapat diterangkan seperti berikut ini.

- a. Pada tingkat pertama, molekul-molekul besar dipecah menjadi satuan-satuan yang lebih kecil. Polisakarida dipecah menjadi gula sederhana seperti glukosa, lemak dihidrolisis menjadi gliserol dan asam lemak, protein dihidrolisis menjadi asam amino. Pada tingkat ini belum dihasilkan energi.
- b. Pada tingkat kedua, berbagai macam molekul kecil tersebut dipecah lebih lanjut menjadi satuan yang lebih kecil. Dalam hal ini gula, asam lemak, gliserol dan beberapa asam amino diubah menjadi asam piruvat dan asetil CoA.
- c. Tingkat ketiga merupakan jalur tunggal yang disebut daur Krebs atau daur asam sitrat atau daur asam trikarboksilat. Pada reaksi ini, senyawa intermedier yang dihasilkan oleh tingkat pertama dan kedua dioksidasi sempurna menjadi CO_2 . Empat pasang elektron ditransfer ke NAD^+ dan FAD^{2+} untuk tiap gugus asetil yang dioksidasi dengan disertai sedikit pembebasan energi.
- d. Tingkat keempat meliputi transpor elektron dan fosforilasi oksidatif. Pada transpor elektron, elektron-elektron yang diikat oleh NADH dan FADH_2 ditransfer ke oksigen disertai pembebasan sejumlah besar energi.

Energi ini digunakan untuk memacu pembentukan ATP dengan proses fosforilasi oksidatif (Susanto, 1994).

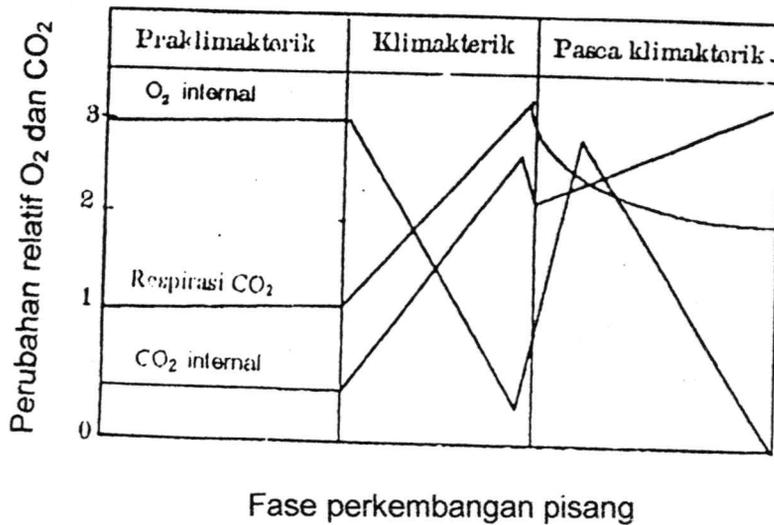
Menurut Wills *et al.*, (1982), energi yang terbentuk selama respirasi dapat digunakan untuk proses sintesis dan juga merangsang pembentukan etilen sebagai hormon pematangan buah.

Laju respirasi dapat diukur dengan menentukan jumlah substrat yang hilang, O_2 yang dikonsumsi, CO_2 yang diproduksi dan energi yang dihasilkan. Namun menurut Pantastico (1975), biasanya laju respirasi diukur berdasarkan O_2 yang dikonsumsi atau CO_2 yang diproduksi oleh komoditi. Hasil pengukuran tersebut bila dibuat grafik akan menunjukkan pola respirasi. Berdasarkan pola respirasinya, buah-buahan dibedakan menjadi dua tipe yaitu respirasi klimakterik dan respirasi non klimakterik. Buah - buahan klimakterik ditandai oleh peningkatan produksi CO_2 dan etilen ketika terjadi pematangan. Salah satu contoh buah klimakterik adalah pisang.

Menurut Simmonds (1966), buah pisang mempunyai laju produksi CO_2 atau konsumsi O_2 sangat rendah pada praklimakterik. Laju produksi CO_2 pada praklimakterik adalah 10 ml/kg/jam dan meningkat tajam pada puncak klimakterik hingga mencapai 62,5 ml/kg/jam, kemudian menurun pada pasca klimakterik, seperti terlihat pada Gambar 2.2.

Menurut Pantastico (1975), laju respirasi merupakan petunjuk yang baik untuk mengetahui masa simpan buah setelah dipanen. Laju respirasi tinggi menunjukkan masa simpan buah yang pendek. Hal ini juga dapat digunakan sebagai petunjuk laju kemunduran mutu buah.





Gambar 2.2. Perubahan laju respirasi pada fase perkembangan buah pisang (Simmonds, 1966)

Selain untuk mengetahui laju respirasi, pengukuran CO₂ dan O₂ dapat digunakan untuk mengetahui jenis substrat dalam respirasi, yaitu dengan berdasarkan rasio CO₂ yang diproduksi terhadap O₂ yang dikonsumsi (*respiratory quotient* (RQ)). Jika RQ = 1, maka substrat berupa gula, sedang RQ > 1, maka substrat berupa senyawa yang mengandung oksigen seperti asam-asam organik. Jika RQ < 1, maka substratnya ada beberapa kemungkinan, yaitu: senyawa yang mempunyai rasio oksigen terhadap karbon lebih kecil dibanding heksosa, substrat yang mengalami oksidasi belum tuntas, CO₂ yang diproduksi digunakan untuk membentuk asam oksaloasetat dan asam malat (Pantastico, 1975).

Respirasi komoditi sangat dipengaruhi faktor internal komoditi dan faktor lingkungan, dengan penjelasan berikut ini.

a. Tipe komoditi

Komoditi dengan ukuran kecil mempunyai laju respirasi yang lebih besar daripada komoditi yang ukurannya besar. Hal ini disebabkan buah dengan ukuran kecil mempunyai luas permukaan lebih besar sehingga memungkinkan terjadinya difusi O_2 yang lebih besar. Difusi O_2 yang besar juga terjadi pada komoditi dengan lapisan kulit tipis (Pantastico, 1975).

b. Tingkat perkembangan

Laju respirasi cenderung menurun pada fase pertumbuhan namun terjadi peningkatan pada fase pematangan hingga puncak klimakterik. Laju respirasi mengalami penurunan kembali pada fase penuaan (Pantastico, 1975).

c. Komposisi komoditi

Komposisi komoditi menentukan jenis substrat respirasi, yang akan mempengaruhi nilai RQ. RQ yang tinggi juga menunjukkan terjadinya respirasi anaerobik (Susanto, 1994).

d. Suhu

Laju respirasi akan meningkat dua sampai tiga kalinya untuk setiap peningkatan suhu $10^\circ C$ pada kisaran suhu fisiologis. Respirasi abnormal juga terjadi ketika komoditi dipindah dari suhu dingin (penyebab *chilling injury*) ke suhu kamar (Susanto, 1994).

e. Konsentrasi oksigen

Konsentrasi oksigen sebesar 2 persen akan menurunkan laju respirasi pada saat penyimpanan. Penurunan ini akan nyata pada suhu antara 0 sampai dengan 20°C. Jika konsentrasi O₂ di bawah 2 persen, maka respirasi berlangsung secara anaerobik dan produksi CO₂ akan meningkat (Susanto, 1994).

f. Konsentrasi karbondioksida

Peningkatan konsentrasi CO₂ akan menghambat reaksi dekarboksilasi pada respirasi normal. Peningkatan konsentrasi sampai di atas 20 persen akan mengakibatkan respirasi anaerob, sehingga terjadi akumulasi etanol dan asetaldehida (Susanto, 1994).

g. Konsentrasi karbonmonoksida

Penambahan karbonmonoksida antara 1 sampai dengan 10 persen pada udara terkendali akan menurunkan laju respirasi jaringan vegetatif, tetapi meningkatkan laju respirasi buah-buahan klimakterik. Agar pengaruh ini terjadi seminimal mungkin, maka penambahan CO harus dilakukan pada udara yang mengandung O₂ di bawah 5 persen (Susanto, 1994).

h. Konsentrasi etilen dan hidrokarbon lain

Pemberian etilen pada buah klimakterik selama tahap praklimakterik, akan memajukan awal respirasi klimakterik. Jika kenaikan respirasi telah terjadi, maka pemberian etilen dari luar tidak akan mempercepat laju respirasi (Susanto, 1994). Senyawa hidrokarbon lain yang mempunyai sifat serupa etilen adalah propilen dan asetilen.

i. Derita

Derita fisik seperti memar, akan menstimulasi laju respirasi. Derita kurang air karena kelembaban relatif di sekitar komoditi rendah juga akan menstimulasi laju respirasi, tetapi jika kehilangan air lebih dari 5 persen maka laju respirasi akan menurun (Susanto, 1994)

2.1.2.2. Etilen

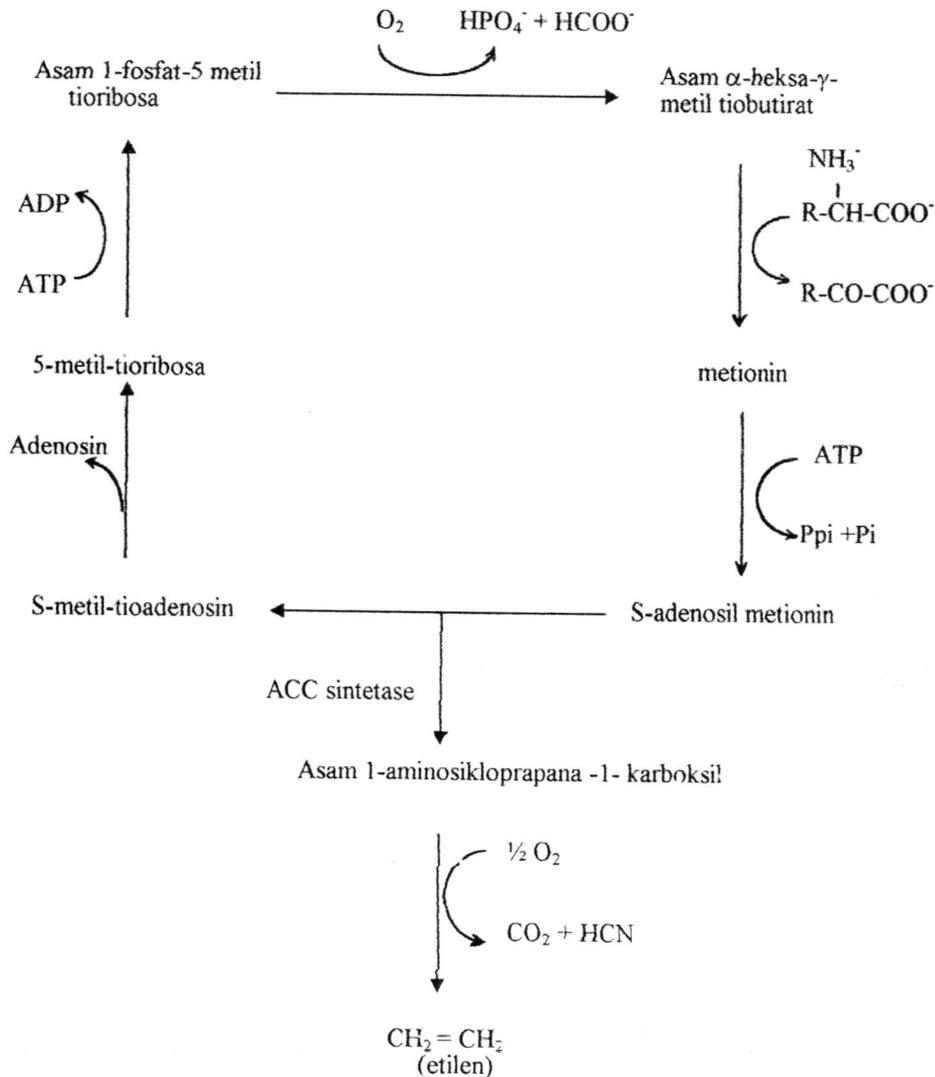
Etilen merupakan senyawa hidrokarbon tidak jenuh berbentuk gas dan dapat berfungsi sebagai hormon yang aktif dalam proses pematangan buah (Bidwell, 1979). Aktivitas etilen selama proses pematangan buah akan menurun seiring dengan menurunnya suhu (Wills *et al.*, 1982).

Menurut Winarno dan Aman (1981), etilen merupakan senyawa yang sangat mobil dan sangat permeabel terhadap jaringan buah. Selanjutnya dijelaskan bahwa kulit buah memegang peranan penting pada mobilitas gas etilen ini.

Konsentrasi etilen selama proses pematangan buah tidak selalu sama. Pisang yang masih hijau dalam tahap praklimakterik mempunyai konsentrasi gas etilen 1,0 sampai dengan 1,5 ppm dan setelah mencapai puncak klimakterik konsentrasinya menjadi 25 sampai dengan 40 ppm (Salunkhe dan Desai, 1984).

Pembentukan etilen dapat dirangsang dengan terjadinya kerusakan secara mekanis dan infeksi jamur sehingga menyebabkan pematangan buah lebih awal. Gambar 2.3 menunjukkan lintasan pembentukan etilen melalui

daur metionin. Mula-mula metionin diaktifkan oleh ATP menjadi S-adenosil metionin (SAM), kemudian SAM diubah menjadi asam 1-amino siklopropana-1-karboksil (ACC) dengan katalis enzim ACC sintetase

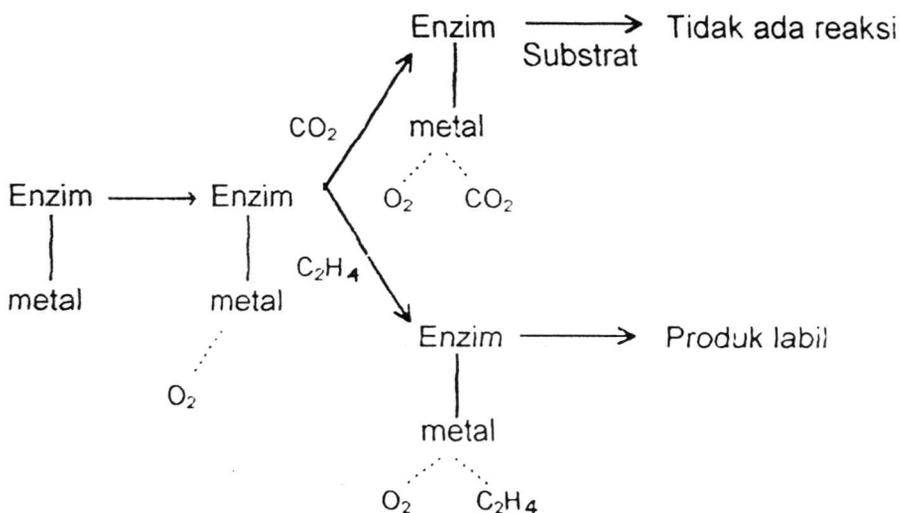


Gambar 2.3. Lintasan pembentukan etilen melalui daur metionin (Keon dan Yang, 1987)

dan juga dipengaruhi oleh auksin. Selanjutnya ACC diubah menjadi etilen dengan adanya oksigen. Dalam daur pembentukan etilen ini, enzim ACC

sintetase berasosiasi dengan membran sel yang bersifat sangat labil dan cenderung rusak bila mendapat perlakuan atau pemberian senyawa kimia, sehingga menghambat pembentukan etilen (Keon dan Yang, 1987). Menurut Wattimena (1987), ketidakmampuan buah praklimakterik membentuk etilen disebabkan ketidakmampuannya membentuk ACC.

Menurut Carl dan Kriederman (1975), serta Bidwell (1979), etilen dapat merangsang aktifitas enzim ATP-ase yaitu suatu enzim yang diperlukan dalam pembentukan energi. Makfoeld (1992) menambahkan bahwa etilen baru dapat menunjukkan peranannya setelah diikat bagian reseptor logam enzim dan etilen berfungsi sebagai aktivator. Peranan ini dapat dihambat oleh CO_2 , dengan penghambatan yang bersifat kompetitif. Gambar 2.4 menunjukkan kompetisi antara CO_2 dan etilen dalam menempati reseptor logam dari enzim.



Gambar 2.4. Kompetisi CO_2 dan etilen dalam menempati reseptor logam enzim (Beyer, 1979)

Gambar tersebut menunjukkan bahwa enzim yang mempunyai reseptor logam mula-mula mengikat O_2 dalam jaringan. Apabila kadar CO_2 dalam jaringan melebihi kadar normalnya maka reseptor logam enzim akan mengikat CO_2 akibatnya tidak mampu mengkatalisis pemecahan substrat. Sebaliknya, kadar CO_2 yang rendah dan kadar etilen optimum menyebabkan reseptor logam mengikat etilen. Hal ini menyebabkan aktifitas enzim meningkat dan mampu mengkatalisis pemecahan substrat (Beyer, 1979).

2.1.2.3. Perubahan saat pematangan

Perubahan yang terjadi selama pematangan buah klimakterik, terutama buah pisang, dijelaskan berikut ini .

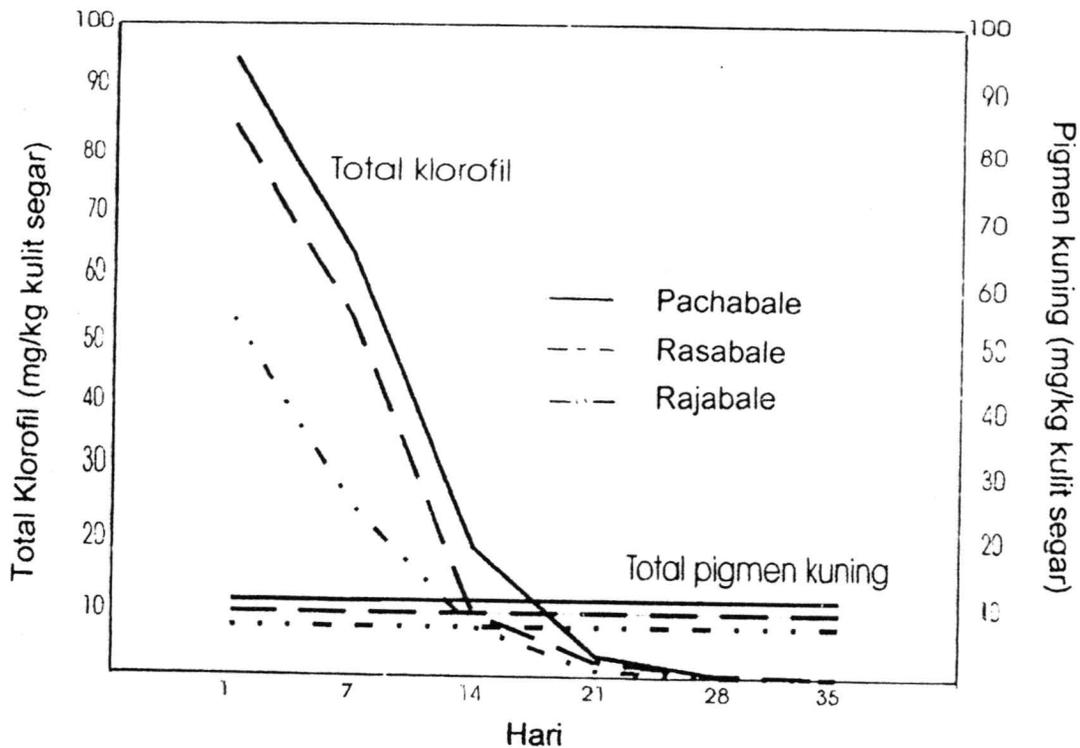
a. Warna

Selama pematangan, kulit pisang menguning kecuali pisang hijau. Menguningnya kulit pisang disebabkan menampaknya karoten dan xantofil akibat klorofil terdegradasi. Enzim yang berperan dalam degradasi klorofil adalah enzim klorofilase.

Klorofilase merupakan enzim hidrolitik yang mengubah klorofil a dan b menjadi klorofilin dengan melepas gugus fitol. Selanjutnya, klorofilin dengan adanya asam diubah menjadi feoporbid atau dioksidasi menjadi klorin dan furfuran.

Menurut Salunkhe dan Desai (1984), klorofil pada kulit buah pisang mengalami perubahan yang semula antara 50 sampai dengan 100 mg/kg

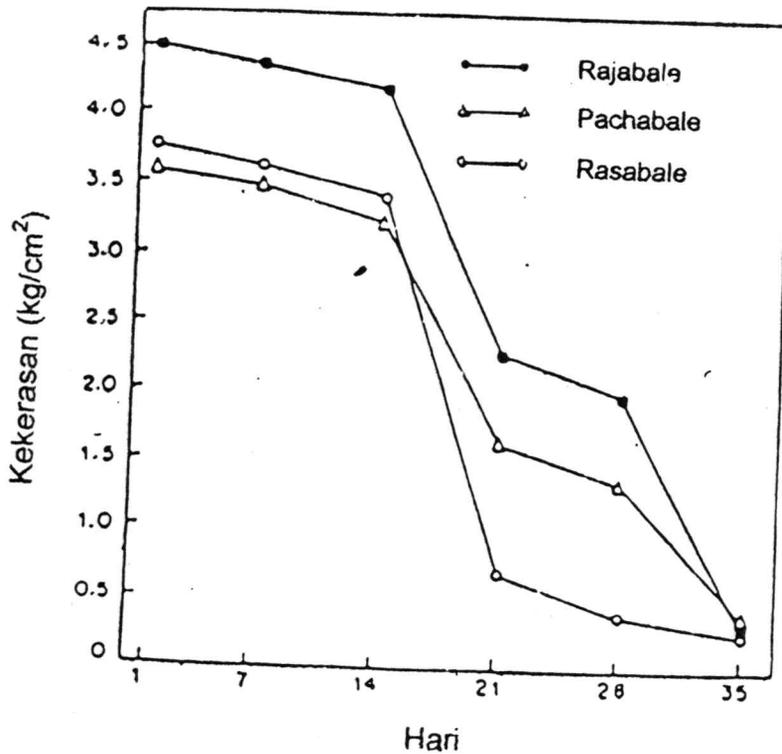
menjadi 0 mg/kg selama 28 hari pematangan. Penurunan klorofil dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Kandungan klorofil total dan pigmen kuning selama pematangan buah pisang India pada suhu 20°C (Salunkhe dan Desai, 1984)

b. Tekstur

Selama pematangan, buah pisang mengalami pelunakan. Pelunakan disebabkan pemecahan protopektin yang tidak larut air menjadi pektin dan asam pektinat yang larut air. Pemecahan tersebut dikatalisis oleh enzim poligalakturonase dan pektinesterase (Pantastico, 1975). Pelunakan juga disebabkan oleh pemecahan pati dan polisakarida non pektin yang terdapat dalam daging buah menjadi gula sederhana selama pematangan (Makfoeld, 1992).



Gambar 2.6. Perubahan kekerasan buah pisang India selama pematangan pada suhu 20°C (Salunkhe dan Desai, 1984)

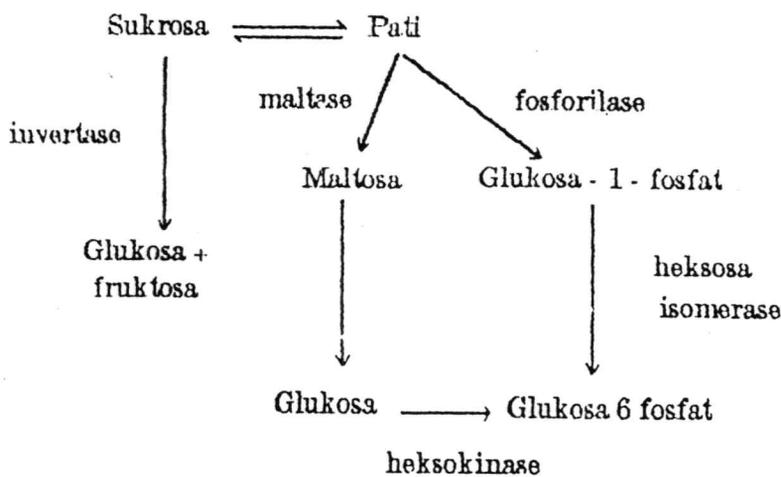
c. Cita rasa

Cita rasa yang tajam merupakan kombinasi dari rasa dan aroma. Timbulnya cita rasa selama pematangan diakibatkan oleh peningkatan jumlah gula sederhana (pemberi rasa manis) dan penurunan kadar asam organik (pemberi rasa masam). Selain itu penurunan tanin serta terbentuknya senyawa volatil yang memberi aroma khas pisang (Makfoeld, 1992).

d. Karbohidrat

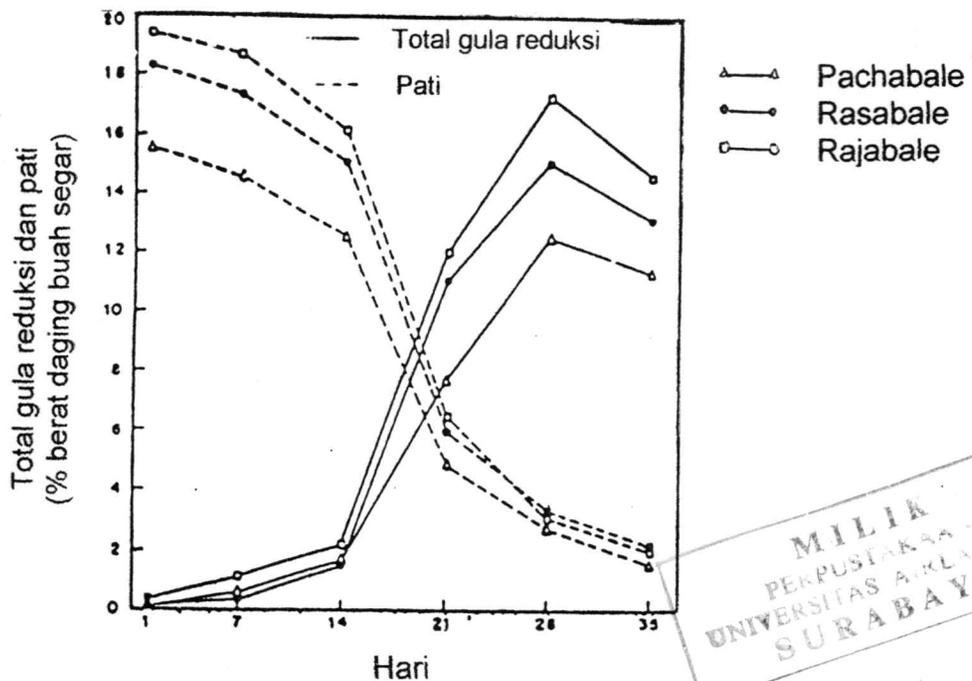
Karbohidrat utama dalam buah pisang yang masih hijau berupa pati. Selama pematangan, pati diubah menjadi sukrosa, glukosa, fruktosa dan

sejumlah kecil maltosa (Simmonds, 1966). Menurut Wills *et al.*, (1982), pati merupakan karbohidrat cadangan pada buah dan dapat didegradasi menjadi glukosa oleh enzim amilase dan maltase. Demikian pula sukrosa dapat mengalami hidrolisis menjadi glukosa dan fruktosa oleh enzim invertase. Proses tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Degradasi karbohidrat selama pematangan pisang (Wills *et al.*, 1982)

Kandungan gula dalam buah pisang mentah sangat kecil yaitu antara 1 sampai dengan 2 persen, sedang kandungan patinya cukup tinggi yaitu sekitar 20 persen. Kandungan gula meningkat antara 15 sampai dengan 20 persen, sedang kandungan pati menurun hingga 1 sampai dengan 2 persen selama pematangan pisang (Simmonds, 1966). Penurunan kandungan pati dan peningkatan gula reduksi selama pematangan dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Kandungan gula reduksi dan pati dari varietas buah pisang India selama pematangan pada suhu 20°C (Salunkhe dan Desai, 1984)

e. Protein

Daging buah pisang mengandung 0,5 sampai dengan 1,5 persen protein yang terdiri atas 17 jenis asam amino (Simmonds, 1966). Menurut Wills *et al.*, (1982), protein dan asam amino bebas hariya merupakan bagian kecil dari senyawa penyusun buah. Pada fase klimakterik terjadi penurunan jumlah asam amino bebas yang berkaitan dengan peningkatan sintesis protein, sedang pada pasca klimakterik terjadi peningkatan jumlah asam amino bebas akibat terdegradasinya protein enzim. Asam amino utama dalam daging buah pisang berupa asam amino histidin.

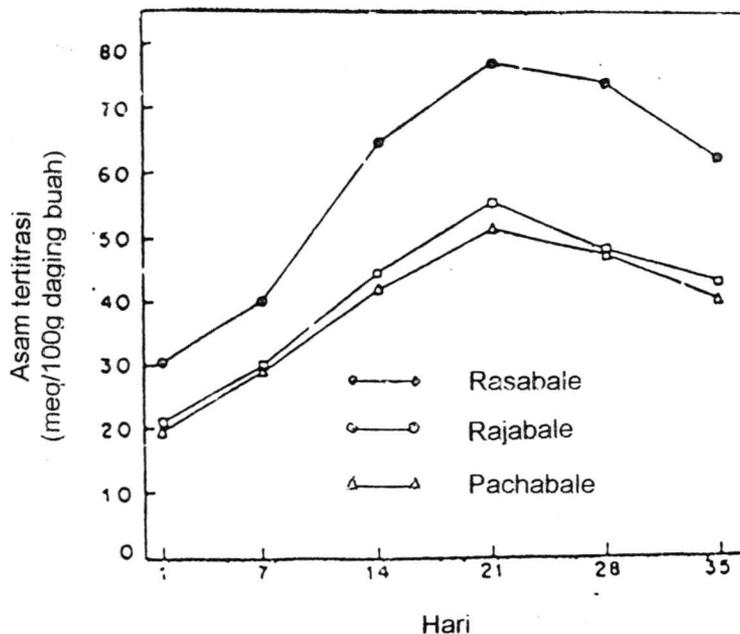
f. Lemak

Kandungan lemak pada buah pisang relatif kecil yaitu antara 0,2 sampai dengan 0,5 persen. Menurut Simmonds (1966) dan Kartasapoetra

(1994), selama pematangan terjadi penurunan kadar asam lemak jenuh dan sebaliknya terjadi peningkatan asam lemak tak jenuh. Asam lemak yang terdapat pada buah pisang antara lain adalah asam isobutirat dan asam isovalerat, baik dalam keadaan bebas maupun terikat .

g. Asam organik

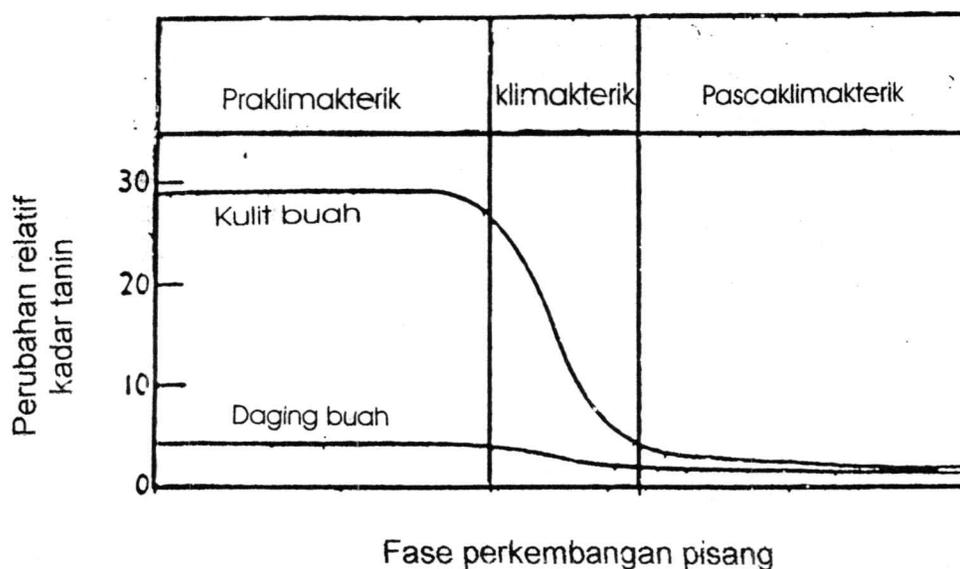
Kandungan asam organik buah pisang selama pematangan meningkat secara bertahap dan kemudian menurun seperti terlihat pada Gambar 2.9. Asam yang terdapat pada pisang mentah sebagian besar berbentuk asam oksalat, asam malat, dan asam sitrat. Kandungan asam oksalat dan asam sitrat mengalami penurunan pada pematangan buah, sehingga sebagian besar terdiri atas asam malat (Simmonds, 1966). Menurut Wills *et al.*, (1982), asam organik juga digunakan sebagai substrat pada respirasi.



Gambar 2.9 Kandungan asam dalam buah pisang selama pematangan pada suhu 20°C (Salunkhe dan Desai, 1984)

h. Tanin

Senyawa fenol utama dalam buah pisang berbentuk tanin yang menyebabkan rasa kelat (*astringen*) pada buah mentah, dan dikenal sebagai leuko-antosianidin. Pada kulit kandungannya lima kali lebih besar dibanding daging buah (Simmonds, 1966). Selama proses pematangan (fase klimakterik), kandungan tanin pada kulit mengalami penurunan yang besar, sedang pada daging buah penurunannya sangat kecil, seperti terlihat pada Gambar 2.10. Senyawa fenolik lain dalam buah pisang adalah fenolik-amina yang aktif pada reaksi pencoklatan enzimatik.

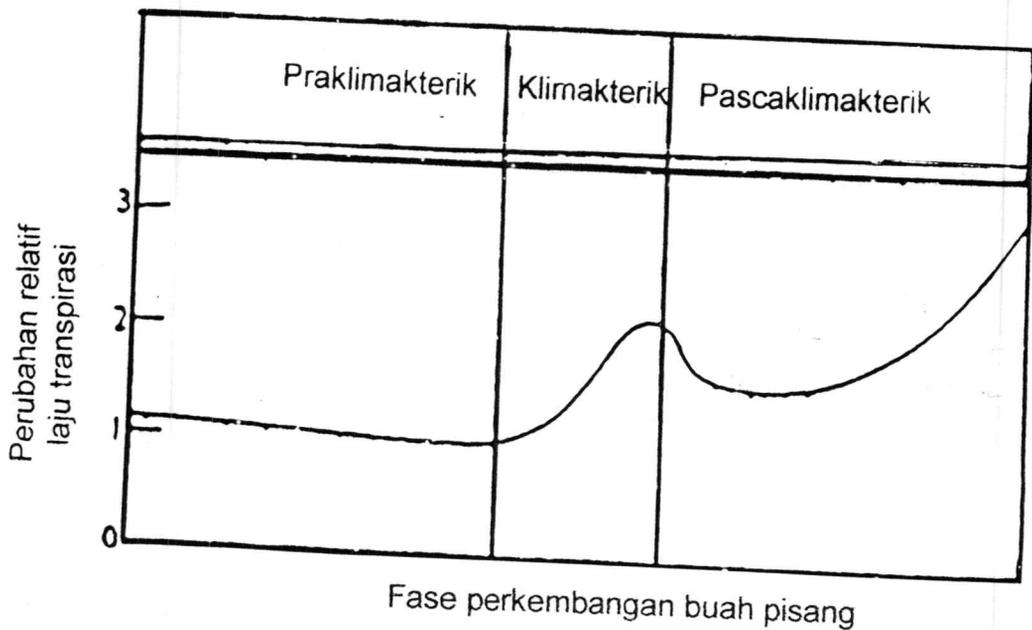


Gambar 2.10. Kandungan tanin pada fase perkembangan buah pisang (Simmonds, 1966)

i. Kadar air

Buah pisang setelah dipanen mengalami proses transpirasi. Pada praklimakterik, laju transpirasi cenderung konstan tetapi mengalami peningkatan pada saat klimakterik, yang dapat dilihat pada Gambar 2.11.

Buah pisang mengalami peningkatan kadar air dari 69 menjadi 74 persen, meskipun mengalami transpirasi selama pematangan. Hal ini disebabkan kandungan gula pada daging buah meningkat lebih cepat dibanding kulit buah, sehingga terjadi perbedaan tekanan osmotik dari kedua jaringan. Perbedaan ini menyebabkan perpindahan air dari kulit ke daging buah (Salunkhe dan Desai, 1984).



Gambar 2.11. Perubahan laju transpirasi pada fase perkembangan buah pisang (Simmonds, 1966)

j. Senyawa volatil

Kandungan senyawa volatil yang dihasilkan selama pematangan sangat kecil yaitu 0,0013 persen dari berat segar daging buah. Senyawa ini memberikan aroma khas pisang matang (Simmonds, 1966). Menurut Wills *et al.*, (1982), senyawa volatil yang terdapat dalam buah pisang terdiri

atas 30 jenis komponen, terutama amil asetat, metil amil alkohol, etil amil alkohol dan butil alkohol. Senyawa ini terdapat bersama dengan ester-ester lainnya.

2.1.3. Atmosfer Termodifikasi (*Modified Atmosphere* atau MA)

Atmosfer yang mengelilingi produk disebut atmosfer terkendali (*controled atmosphere* atau CA), bila keadaan gas terus menerus dikendalikan dan disesuaikan pada konsentrasi yang optimal (Makfoeld, 1992). Secara teknis, pada atmosfer terkendali dilakukan pengurangan O_2 dan peningkatan CO_2 maupun N_2 sehingga susunan atmosfer komoditi berbeda dengan keadaan biasanya (Kartasapoetra, 1994). Selanjutnya dijelaskan bahwa apabila pengendalian O_2 , CO_2 maupun N_2 pada konsentrasi tertentu tidak dilakukan, sistem ini dikenal sebagai atmosfer termodifikasi (*modified atmosphere* atau MA).

Menurut Brody (1990), pada sistem atmosfer termodifikasi, komposisi udara normal (0,03 persen CO_2 , 21 persen O_2 , 78 persen N_2) diubah atau dimodifikasi sehingga dapat memperpanjang daya simpan buah. Modifikasi ini dilakukan dengan menurunkan kandungan O_2 ruang udara penyimpanan, sementara CO_2 dan N_2 ditingkatkan. Salah satu contoh penerapan metode atmosfer termodifikasi adalah pengemasan buah dengan atmosfer termodifikasi (*modified atmosphere packaging* atau MAP).

Pengemasan dengan atmosfer termodifikasi didefinisikan sebagai perlindungan komoditi pertanian dalam suatu kemasan dengan pengaturan

lingkungan udara di dalamnya, sehingga menurunkan laju respirasi (Goodburn dan Halligan, 1988). Cara ini dapat diterapkan pada kontainer pengapalan, pengepakan satu unit komoditi yang masih utuh maupun berupa potongan.

Menurut Kader (1986), keuntungan pemakaian MA dengan pengurangan O_2 atau penambahan CO_2 dapat menghambat pematangan buah, mengurangi respirasi dan produksi etilen. Pengurangan etilen akan menghambat pematangan, pelunakan dan perubahan-perubahan komposisi yang berhubungan dengan pematangan. Namun, penyimpanan produk segar di atas toleransi CO_2 dapat menyebabkan kerusakan fisiologis sedang di bawah toleransi O_2 dapat menaikkan respirasi anaerob sehingga terbentuk aroma asing yang disebabkan oleh akumulasi etanol dan asetaldehida.

Kondisi yang dibuat dan dipertahankan dalam MA dan MAP merupakan interaksi dari faktor-faktor berikut ini .

a. Ketahanan komoditi terhadap difusi gas

Kebutuhan O_2 dan CO_2 sebagai atmosfer, dan jumlah keduanya yang tersedia dalam sel, ditentukan oleh ketahanan organ tumbuhan terhadap difusi gas. Ketahanan terhadap difusi gas bervariasi untuk tumbuhan, kultivar, organ tumbuhan maupun stadia kematangan yang berbeda, dan ternyata hanya sedikit dipengaruhi oleh suhu. Perbedaan anatomis lebih berpengaruh terhadap ketahanan difusi dibanding biokemis. Kebanyakan buah dan sayur toleran terhadap konsentrasi O_2 antara 1 sampai dengan 4 persen dan terhadap konsentrasi CO_2 antara 5 sampai dengan 10 persen (Kader, 1986).

b. Respirasi

Respirasi adalah pemecahan oksidatif pati, gula dan asam-asam organik menjadi molekul yang sederhana seperti CO_2 dan H_2O dengan menghasilkan energi (Makfoeld, 1982). Salah satu pengaruh utama pemakaian MA adalah turunnya laju respirasi, sehingga menurunkan laju pengurangan substrat, produksi CO_2 , konsumsi O_2 dan pelepasan energi. Hasilnya adalah metabolisme yang lambat, waktu penyimpanan yang lebih lama. Perubahan laju respirasi ini akan mengubah laju proses pendewasaan, pematangan dan penuaan. Laju respirasi mudah berubah jika konsentrasi O_2 di bawah 8 persen dan CO_2 di atas 1 persen. Jika O_2 dikurangi atau CO_2 dinaikkan melebihi tingkat toleransi komoditi, respirasi akan menjadi bersifat anaerobik.

c. Pengaruh etilen

Pemberian etilen yang tinggi pada buah klimakterik, memajukan awal kenaikan respirasi dan mempercepat terjadinya pematangan. Pengurangan etilen dan adanya interaksi dengan MA, dapat memperlambat permulaan klimakterik dan akan memperpanjang daya simpan buah.

d. Suhu optimum

Proses metabolik pada hasil hortikultura termasuk respirasi dan laju pematangan, ternyata sangat dipengaruhi oleh suhu. Setiap kenaikan suhu 10°C (Q_{10}) pada suhu fisiologis akan menaikkan laju reaksi dalam respirasi sebesar dua atau tiga kalinya (Wills *et al.*, 1982). Hal ini sesuai dengan pendapat Kader (1986), yang menjelaskan bahwa di antara banyak faktor

lingkungan yang berpengaruh terhadap laju kerusakan bahan segar, maka suhu merupakan faktor penentu. Umumnya buah dan sayur bertahan lebih lama pada suhu yang rendah, namun mempunyai ketahanan yang berbeda-beda pada suhu ini. Penyimpangan dari toleransi suhu simpannya, akan mengakibatkan kerusakan akibat *chilling injury*, kenaikan laju respirasi, timbulnya penuaan serta penurunan mutu komoditi. Menurut Ramon (1988), pisang mempunyai suhu toleran terendah yang berkisar antara 13 sampai dengan 14°C, dengan kelembaban relatif (RH) sebesar 95 persen. Demikian pula beberapa buah tropis seperti adpokat, mangga, pepaya sangat sensitif terhadap kerusakan suhu rendah dan tidak dapat disimpan di bawah 13°C. Namun komoditi yang *nonchilling sensitive* seperti apel, broccoli dan pear dapat disimpan pada suhu 0°C tanpa mengalami kerusakan. Menurut Makfoeld (1992), terdapat suhu penyimpanan optimum yang dapat memperlambat penuaan dan memelihara mutu dalam masa simpan yang lebih lama tanpa menyebabkan *chilling injury*. Suhu juga mempengaruhi permeabilitas kemasan film yang digunakan untuk menyimpan komoditi hortikultura. Secara umum permeabilitas film akan naik dengan kenaikan suhu. Permeabilitas CO₂ melewati jaringan lebih mudah dipengaruhi suhu dibandingkan O₂.

Untuk menggambarkan hubungan antara suhu penyimpanan dengan laju metabolik terutama laju respirasi dapat dinyatakan dengan persamaan Arrhenius, yang ditulis dalam bentuk linier seperti persamaan 2.1.

$$\ln k = - (E/R)(1/T) + C \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan : ln = Logaritme alami
 k = Laju respirasi
 E = Energi aktivasi
 R = Konstanta gas
 T = Suhu mutlak
 C = Konstanta

e. Kelembaban relatif (RH) optimum

Penyimpanan pada RH yang rendah dapat menaikkan kerusakan transpirasional, menimbulkan desikasi dan menaikkan laju respirasi. Keuntungan pemakaian MAP dan pengepakan umumnya adalah kemampuan pemeliharaan RH selama dikemas. Penyimpanan pada RH terlalu tinggi menyebabkan kondensasi uap air pada permukaan kemasan film, sehingga mempengaruhi sifat permeabilitas gas dari film, yang mengakibatkan perubahan atmosfer yang tidak sesuai. Penggunaan suhu yang tepat dapat mencegah kondensasi dalam pengemasan.

f. Konsentrasi optimum O₂ dan CO₂

Atmosfer yang optimum dapat meminimalkan laju respirasi tanpa membahayakan proses metabolik komoditi. Menurut Deily dan Rizvi (1981), setiap komoditi mempunyai konsentrasi gas lingkungan yang optimum sehingga dihasilkan masa penyimpanan maksimum. CA optimum untuk buah-buahan dirangkum dalam Tabel 2.1. Makfoeld (1992), menambahkan bahwa batas toleransi terhadap O₂ rendah atau CO₂ tinggi, bergantung pada suhu, kematangan dan perlakuan sebelumnya.

Tabel 2.1. Kondisi CA yang disarankan selama pengangkutan dan penyimpanan buah-buahan (Kader, 1985)

Komoditi	Kisaran suhu (°C)	CA	
		% O ₂	% CO ₂
Adpokat	5 - 13	2 - 5	3 - 10
Pisang	12 - 15	2 - 5	2 - 5
Anggur	10 - 15	3 - 5	5 - 10
Jeruk sitrun	10 - 15	5	0 - 5
Jeruk limonen	10 - 15	5	0 - 10
Olive	8 - 12	2 - 5	5 - 10
Jeruk	5 - 10	10	5
Mangga	10 - 15	5	5
Pepaya	10 - 15	5	10
Nanas	10 - 15	5	10

g. Permeabilitas kemasan film

Koefisien permeabilitas kemasan film terhadap O₂ dan CO₂ merupakan salah satu faktor penting bila buah-buahan dikemas dengan kemasan film secara rapat. Meskipun banyak kemasan film yang tersedia, tetapi hanya beberapa jenis dengan koefisien permeabilitas yang cocok sebagai pengemas buah segar (Gunadnya, 1993).

Menurut Zagory dan Kader (1988), polietilen densitas rendah dan poliviniklorida banyak digunakan untuk mengemas buah segar. Jenis dan permeabilitas kemasan film yang digunakan untuk mengemas produk segar, dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2. Jenis dan permeabilitas film yang tersedia sebagai kemasan produk segar (Zagory dan Kader, 1988)

Jenis film	Permeabilitas ¹		Perbandingan CO ₂ : O ₂
	CO ₂	O ₂	
Poliethilen densitas rendah	700 - 77000	3900 - 13000	2,0 - 5,9
Polivinil Klorida	4263 - 8138	620 - 2248	3,6 - 6,9
Polipropilen	77000 - 21000	1300 - 6400	3,3 - 5,9
polistiren	10000 - 26000	2600 - 7700	3,4 - 3,8
Saran	52 - 150	8 - 26	5,8 - 6,5
Poliester	180 - 390	52 - 130	3,0 - 3,5

¹ Dalam ml/m²/mm/hari/atm

Secara ideal, kemasan film harus mendorong CO₂ keluar dari dalam kemasan dan menghalangi masuknya O₂ (Makfoeld, 1992). Hal ini bertujuan untuk memberikan kondisi atmosfer sesuai dengan yang diperlukan komoditi tersebut. Secara umum permeabilitas CO₂ pada beberapa kemasan film berkisar tiga sampai lima kali lebih besar daripada permeabilitas O₂.

Cameron *et al.*, (1989) melakukan pemilihan kemasan film didasarkan atas kebutuhan buah akan oksigen. Sedangkan Mannapperuma *et al.*, (1989) memilih kemasan film berdasar metode grafik dengan persamaan 2.2.

$$X_2 = C_2 + \alpha/\beta (C_1 - X_1) \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan : X = konsentrasi gas di dalam kemasan

C = konsentrasi gas di luar kemasan

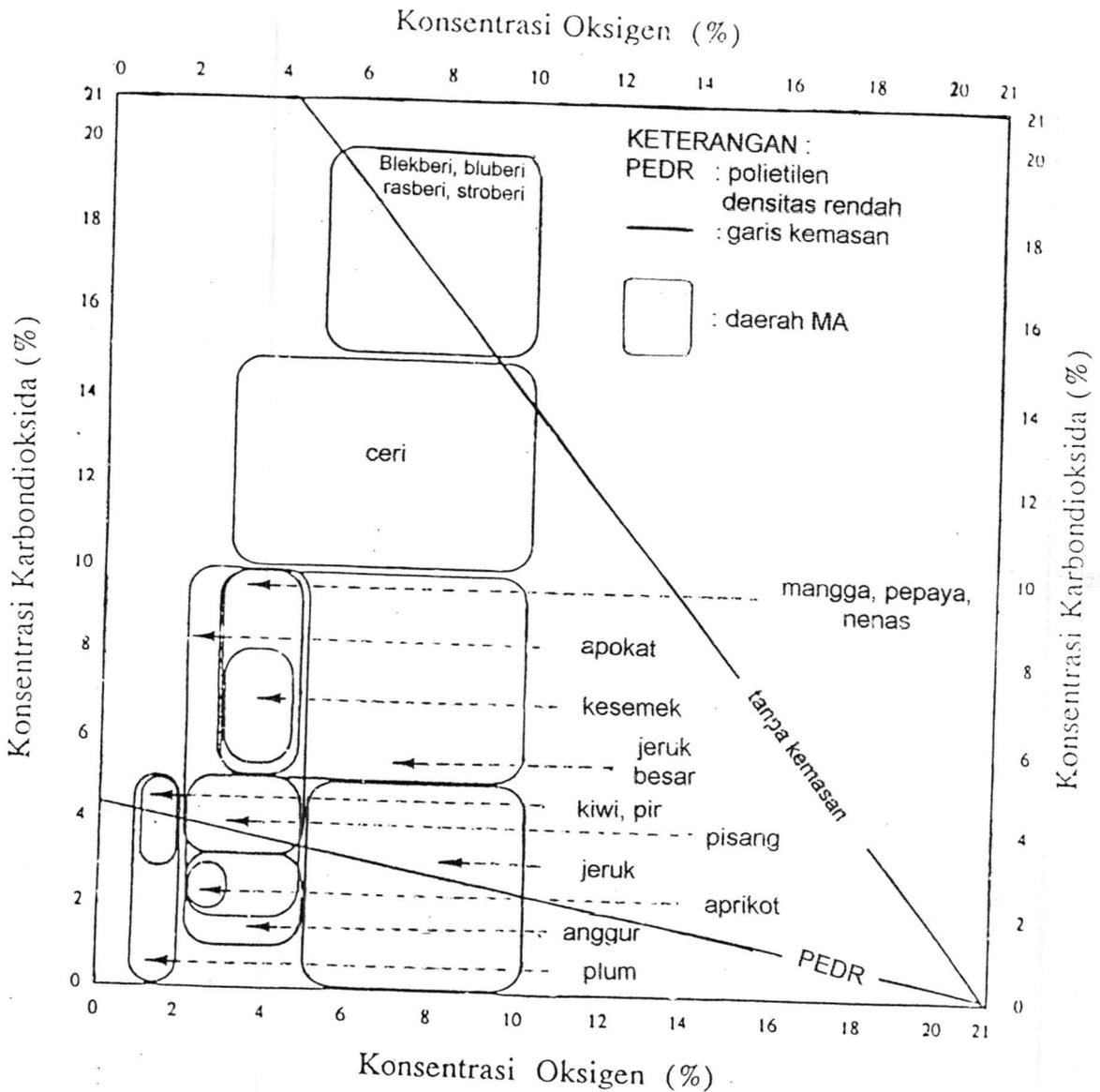
α = perbandingan laju produksi CO₂ dengan O₂

β = perbandingan koefisien permeabilitas kemasan film terhadap CO₂ dan O₂

1 = menyatakan O₂

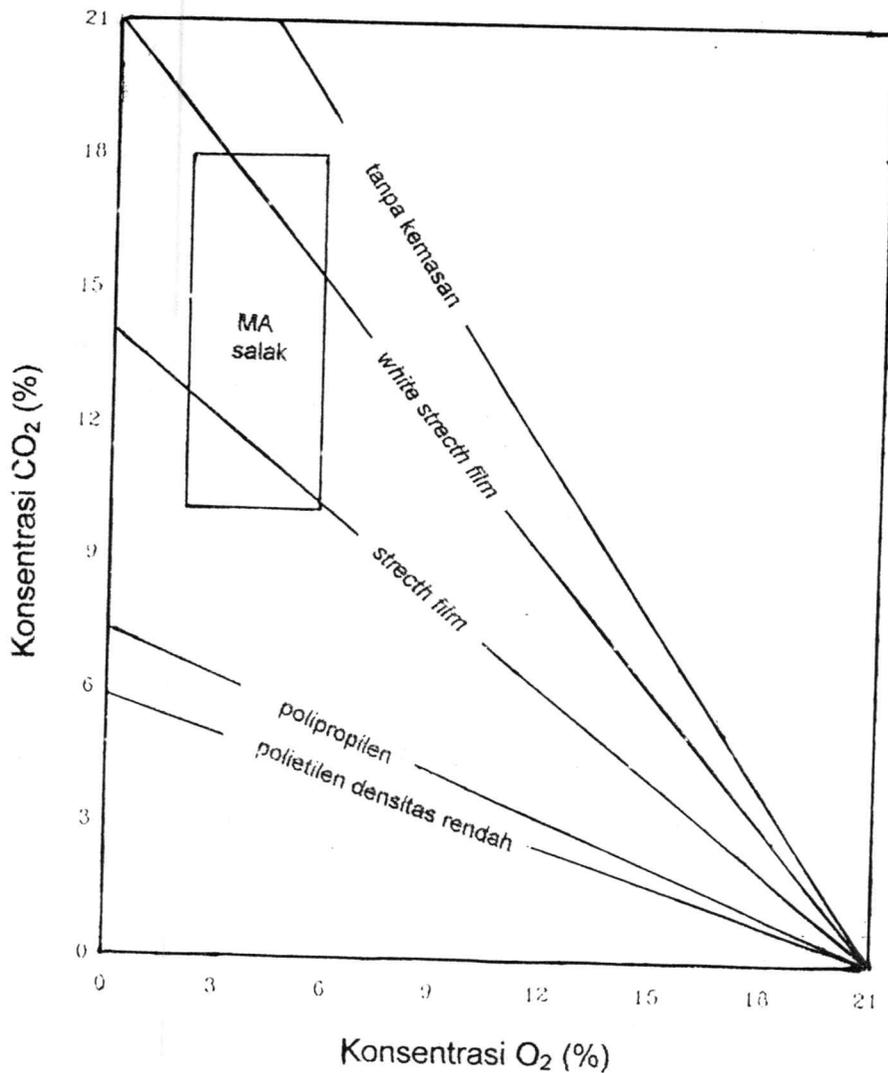
2 = menyatakan CO₂

Pemakaian persamaan 2.2 yang berupa garis lurus, seperti Gambar 2.12. Prinsip pemilihan kemasan film adalah setiap daerah MA bahan segar yang dilalui garis tersebut menunjukkan kemasan film tersebut sesuai untuk dipilih sebagai pengemas.



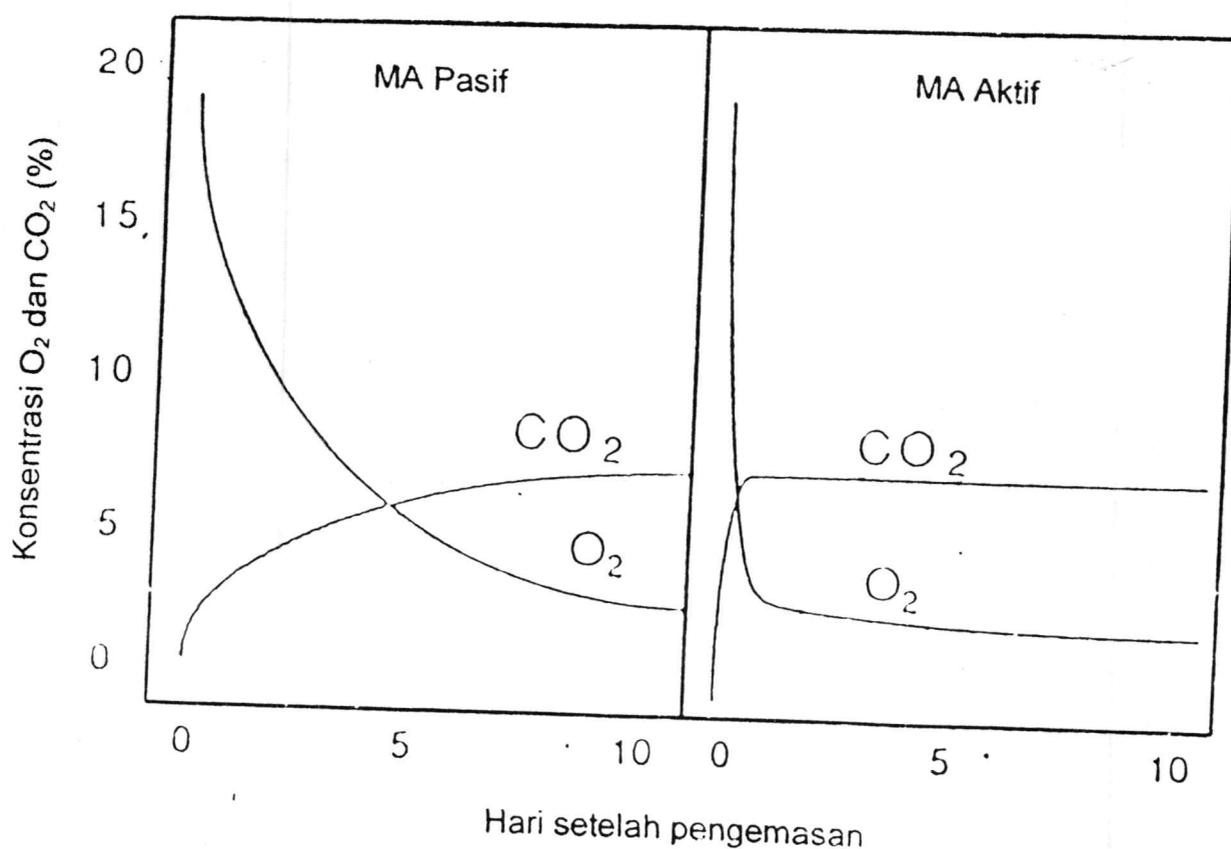
Gambar 2.12. Kurva polietilen densitas rendah dan tanpa kemasan dengan daerah MA yang disarankan untuk buah-buahan (Mannapperuma dan Singh, 1990)

Gambar 2.13 merupakan hasil penelitian Gunadnya (1993), yang menunjukkan hubungan antara penetapan koefisien permeabilitas beberapa kemasan film dengan penentuan daerah MA buah salak pondoh. Nilai perbandingan koefisien permeabilitas kemasan film terhadap CO₂ dan O₂ (β) dari polietilen densitas rendah, polipropilen, *stretch film*, *white stretch film*, polivinil klorida dan *oriented polypropylene* masing-masing adalah 3,60 ; 2,86 ; 1,50 ; 1,00 ; 3,33 dan 2,80.



Gambar 2.13. Kurva hubungan beberapa kemasan film dan tanpa kemasan dengan daerah MA salak pondoh (Gunadnya, 1993)

Menurut Zagory dan Kader (1988), kondisi MA dalam penyimpanan dapat dicapai dengan dua cara yaitu membiarkan kondisi berubah karena aktivitas bahan yang disimpan (disebut MA pasif) atau dengan sengaja mengubah kondisi penyimpanan (disebut MA aktif). Perubahan relatif konsentrasi O_2 dan CO_2 selama pengemasan dengan metode pasif maupun aktif dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14. Perubahan relatif konsentrasi O_2 dan CO_2 selama pengemasan dengan MA pasif dan aktif (Zagory dan Kader, 1988)

2.1.4. Hormon Tumbuhan Penghambat Pematangan

Hormon merupakan molekul-molekul yang kegiatannya mengatur reaksi-reaksi metabolik. Molekul tersebut dibentuk di dalam organisme dengan proses metabolik dan tidak berfungsi sebagai nutrisi (Heddy, 1989).

Hormon tumbuhan yang diketahui dapat menghambat pematangan dan penuaan adalah sitokinin (bensiladenin) dan asam giberelin. Menurut Frank dan Ross (1977), sitokinin dapat menunda pemecahan klorofil, protein dan asam nukleat. Dalam hal ini, sitokinin sebagai anti penuaan dan dapat memperpanjang umur simpan buah. Sitokinin juga dapat menghambat pembentukan enzim hidrolitik seperti nuklease dan protease yang aktif memecah polimer asam nukleat dan protein, sehingga dikatakan sebagai anti penuaan (Bidwell, 1979).

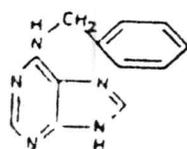
Perlakuan pasca panen buah dengan menyemprotkan asam giberelin, dapat menghambat pematangan buah tomat, jambu biji dan buah pisang. Pengaruh terhadap kematangan terlihat dari penurunan laju respirasi, terhambatnya klimakterik dan penundaan perubahan warna (Pantastico *et al.*, 1972). Selain itu penyemprotan GA sebelum panen juga mempunyai pengaruh yang menyolok dalam mengurangi laju pematangan dan penuaan buah kesemek. Menurut Susanto (1994), perlakuan pada jaringan vegetatif dan beberapa buah dengan asam giberelin, dapat menstimulasi produk etilen, namun pada buah-buahan lain tidak berpengaruh, bahkan mengurangi produk etilen.

Menurut Carl dan Kriedemann (1975), asam giberellin dapat menghambat aktifitas asam indol asetat oksidase, sehingga sintesis asam indol asetat (IAA) terhambat, akibatnya terhambat pula pembentukan etilen yang distimulasi oleh IAA. Sedang Wattimena (1987) menjelaskan bahwa

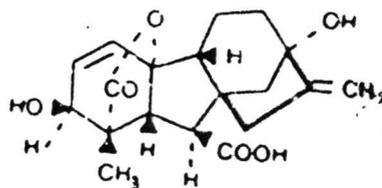
asam giberelin juga berpengaruh pada tingkat transkripsi dan translasi dalam pembentukan protein enzim.

Menurut Bidwell (1979), disamping menghambat pembentukan etilen, asam giberelin dan sitokinin juga menghambat sintesis enzim-enzim pematangan buah. Dengan mencelupkan buah pisang dalam 50 ppm asam giberelin dan 2 ppm sitokinin dapat menghambat proses pematangan (Salunkhe dan Desai, 1984).

Sitokinin dan asam giberelin yang diperdagangkan biasanya berbentuk bensiladenin dan GA_3 dengan rumus kimia seperti pada Gambar 2.15. Menurut Abidin (1982) batas pemakaian maksimum bensiladenin adalah 1.380 ppm sedang GA_3 adalah 25.000 ppm.



bensiladenin

 GA_3

Gambar 2.14. Rumus kimia bensiladenin dan GA_3 (Susanto, 1994)

2.2. Landasan Empiris

2.2.1. Pengaruh suhu terhadap laju respirasi, masa simpan dan mutu buah

Penyimpanan pada suhu rendah mengurangi secara efektif laju respirasi buah segar. Menurut Patterson (1980), peningkatan suhu dalam

kisaran suhu fisiologis menyebabkan peningkatan laju respirasi, produksi etilen, perubahan tekstur, kehilangan vitamin C dan air.

Gane (1936) dalam Mahendra (1990) menunjukkan laju respirasi pisang *gros michel* yang disimpan pada 20°C adalah 18 dan 60 ml/kg/jam untuk tahap praklimakterik dan klimakterik. Sedangkan Biale *et al.*, (1954) dalam Mahendra (1990) melaporkan laju respirasi klimakterik pisang tersebut adalah 80 ml/kg/jam.

Sementara itu, laju respirasi pisang *lacatan* meningkat dari 10 ml/kg/jam pada fase praklimakterik menjadi 50 ml/kg/jam pada fase klimakterik dalam suhu penyimpanan 20°C (Barker dan Solomos, 1962). Sedangkan, laju respirasi pisang *cavendish Williams* adalah 57 ml/kg/jam pada penyimpanan 20°C, diukur tiga hari dari awal pematangan (Wills *et al.*, 1984)

Muthuswamy *et al.*, (1971), melaporkan bahwa *dwarf cavendish* tidak mengalami *chilling injury* ketika disimpan pada suhu 14,4°C selama 25 hari. Menurut Rippon dan Trochoulis (1976) pisang *cavendish Williams* yang disimpan pada suhu 15°C mempunyai laju respirasi yang lambat. Begitu juga Peacock (1980), yang menjelaskan bahwa *giant cavendish* yang disimpan pada suhu 14°C tidak mengalami perubahan mutu secara nyata. Hal ini sesuai dengan pendapat Ramon (1988) yang menyebutkan bahwa pisang mempunyai suhu toleran antara 13 sampai dengan 14°C dengan kelembaban relatif 95 persen.

Sementara itu, pisang *lacatan* yang disimpan di bawah kisaran suhu 13 sampai dengan 14°C mengalami *chilling injury* (Abilaga, 1968). *Chilling injury*

juga terjadi pada pisang *valery* yang disimpan dalam suhu 12°C (Marriott dan New, 1975).

El-Wahab dan Nawwar (1977) yang menjelaskan bahwa suhu rendah berpengaruh terhadap oksidasi senyawa fenol. Olorunda *et al.*, (1978), menjelaskan bahwa pisang *cavendish* yang disimpan pada 5°C mengalami bercak-bercak pada bagian kulit.

Pengaruh perubahan suhu terhadap perilaku respirasi bahan segar yang disimpan dapat digambarkan sebagai nilai RQ. Menurut Bohlin dan Hansen (1974), nilai RQ buah pisang pada suhu penyimpanan 12°C sebesar 0,82 dan pada kondisi ini pisang gagal matang.

Hasil - hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa belum ada suhu standar yang bisa digunakan untuk penyimpanan pisang dalam sistem CA maupun MA.

2.2.2. Kondisi MA dan pengaruhnya terhadap mutu buah

Penurunan O₂ dan peningkatan CO₂ berhubungan dengan penghambatan pematangan (Ben-Yehoshua, 1966), menurunkan respirasi (Salunkhe dan Wu, 1974) dan merurunkan produksi etilen buah klimakterik (Kader, 1986).

Deily dan Rizvi (1981), berpendapat bahwa setiap komoditi mempunyai kisaran konsentrasi gas lingkungan yang optimum untuk memperoleh masa simpan yang maksimum. Kondisi CA optimum untuk pisang pada penyimpanan 12 sampai dengan 15°C adalah 2 sampai dengan 5 persen O₂ dan 2 sampai dengan 5 persen CO₂ (Kader, 1985).

Scott *et al.*, (1971) menjelaskan bahwa kondisi MA untuk pisang adalah di bawah 10 persen untuk O_2 maupun CO_2 . Namun menurut Pantastico (1975), tidak ada kombinasi O_2 dan CO_2 yang umum dapat diterapkan untuk semua varietas pisang. Selain itu dijelaskan bahwa pisang *gros michel* dapat disimpan selama 20 hari pada suhu $11,6^\circ C$ dengan kondisi atmosfer 5 persen O_2 dan CO_2 .

Parson *et al.*, (1964) menunjukkan bahwa pada 1 persen O_2 memberikan batas keasaman terendah untuk pisang dalam penyimpanan $15,6^\circ C$. Sedangkan Chiang (1970), menunjukkan bahwa konsentrasi 1 persen O_2 menghasilkan mutu rendah dan banyak pembusukkan tangkai.

Menurut Liu (1976) pisang *dwarf cavendish* yang diberi perlakuan awal dengan etilen dan disimpan selama 28 hari dalam 1 persen O_2 atau sepersepuluh tekanan atmosfer pada $14^\circ C$, menunjukkan tetap berwarna hijau dan keras sampai akhir penyimpanan tetapi segera mengalami pematangan ketika dipindahkan ke udara normal pada $21^\circ C$.

Yakia dan Carrillo - Lopez (1993), menemukan kerusakan eksokarp dan mesokarp adpokat yang disimpan dalam konsentrasi 0,1 sampai dengan 0,4 persen O_2 dan 50 sampai dengan 75 persen CO_2 pada $21^\circ C$ selama lebih dari 1 hari. Sedang Danyang Ke *et al.*, (1995), menunjukkan bahwa pada konsentrasi 0,25 persen O_2 atau 0,25 persen O_2 dengan 80 persen CO_2 menyebabkan akumulasi asetaldehida, etanol dan menaikkan NADH tetapi menurunkan NAD^+ . Pada konsentrasi 20 persen O_2 dengan 80 persen CO_2 menaikkan asetaldehida dan etanol tapi tidak mempengaruhi pada NADH dan

NAD⁺. Konsentrasi 80 persen CO₂ menyebabkan peningkatan kandungan laktat tapi bila ditambah dengan 0,25 persen O₂ ternyata tidak memberikan pengaruh pada laktat adpokat.

Takatoshi *et al.*, (1994) menunjukkan oksigen yang diserap dan etilen yang diproduksi oleh *mumefruits* menurun, ketika diperlakukan dalam campuran gas CO₂ (19,8 persen) dan O₂ (21 persen). Namun penurunan ini semakin besar ketika dikemas dengan CA yang mengandung CO₂ (5 persen) dan O₂ (2 persen). Juga ditunjukkan bahwa pemberian campuran CO₂ tinggi dan O₂ rendah menyebabkan peningkatan laju penyerapan O₂ dan pembebasan CO₂, asetaldehida, etil alkohol serta persentase kerusakan sebagai akibat reaksi *browning*.

Berbagai pendapat dan hasil penelitian tersebut menunjukkan bervariasinya konsentrasi O₂ dan CO₂ yang digunakan dalam sistem CA maupun MA. Dengan demikian, belum ada konsentrasi gas yang secara umum digunakan untuk penyimpanan buah terutama pisang.

2.2.3. Pengaruh kemasan film terhadap konsentrasi gas keseimbangan dan mutu buah

Faktor terpenting yang mempengaruhi konsentrasi keseimbangan O₂, CO₂ maupun N₂ dalam kemasan adalah koefisien permeabilitas kemasan film. Tomkins (1962) mendapatkan konsentrasi keseimbangan gas CO₂ dalam kemasan apel pada suhu 15°C adalah 19,6; 15,0; 9,6; 8,9 dan 7,5 persen berurut-turut untuk kemasan selulosa PT, selulosa MSAT, selulosa asetat,

pliofilm 85 dan polistiren, sedang konsentrasi keseimbangan gas O_2 di dalam kemasan film-film tersebut adalah 3,8; 2,8; 5,0; 3,0 dan 7,5 persen. Sementara hasil penelitian Daun *et al.*, (1973), menunjukkan pengaruh jenis kemasan terhadap konsentrasi gas keseimbangan pada kemasan pisang seperti tercantum pada Tabel 2.3. Mereka juga menunjukkan bahwa warna, aroma, rasa, tekstur pisang masih dapat dipertahankan selama 30 hari pada $15^\circ C$.

Tabel 2.3. Konsentrasi O_2 dan CO_2 keseimbangan dalam kemasan buah pisang (Daun *et al.*, 1973)

Film (Nama dagang)	Suhu $22^\circ C$		Suhu $15^\circ C$	
	% O_2	% CO_2	% O_2	% CO_2
TPM-87	-	-	1,4 a)	20,2 a)
UE-630	1,7 a)	5,9 a)	2,6 b)	6,3 b)
TPM-87	2,5 a)	3,7 a)	2,8 b)	2,9 b)
TPM-87	3,4 a)	8,4 a)	4,1 a)	4,8 a)

a) pada hari kedua

b) pada hari keempat

Penggunaan polibag dalam penyimpanan pisang *cavendish* selama transportasi pada suhu $20^\circ C$ dan $30^\circ C$ dapat memperpanjang masa simpan selama satu minggu dibandingkan penyimpanan pada udara terbuka (Scott *et al.*, 1983). Juga dijelaskan pemakaian polibag menurunkan kehilangan berat dan kerusakan mekanis pisang tersebut.

Smith *et al.*, (1987) merangkum hasil penelitiannya mengenai pengaruh jenis kemasan terhadap mutu buah apel seperti dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Mutu buah apel yang dikemas dengan berbagai kemasan film setelah 8 hari pada suhu 20°C (Smith *et al.*, 1987)

Pengemasan	Kekerasan (N)	Warna kulit (a) *
Kontrol	22,9	- 8,2
PSD 599 (25 µm)	32,3	- 11,9
Polietilen (25 µm)	35,3	- 11,9
TSB	37,5	- 13,0

*) a = nilai Hunter, dengan peningkatan nilai negatif sama dengan peningkatan warna hijau

Hasil penelitian dan pendapat tersebut menunjukkan bahwa tiap buah membutuhkan kemasan film tertentu. Jenis kemasan yang sesuai untuk penyimpanan buah dalam sistem MA sangat tergantung pada koefisien permeabilitas kemasan tersebut.

2.2.4. Pengaruh hormon tumbuhan selama pematangan dan penuaan

Hormon yang dapat menghambat pematangan adalah asam giberelin dan sitokinin. Perlakuan pasca panen dengan asam giberelin dapat menghambat pematangan buah tomat, jambu biji dan buah pisang. Pengaruh terhadap pematangan terlihat dari penurunan laju respirasi, terhambatnya klimakterik dan penundaan perubahan warna (Pantastico *et al.*, 1972). Menurut Salunkhe dan Desai (1984), dengan mencelupkan buah pisang dalam asam giberelin 50 ppm dan sitokinin 2 ppm dapat menghambat proses pematangan. Sedang menurut Susanto (1994), pemberian bensiladenin (sitokinin buatan) tidak berpengaruh terhadap respirasi klimakterik pada apel, aprikot dan adpokat, namun menunda kehilangan klorofil dan meningkatkan

karotenoid pada beberapa buah lain. Pengaruh bensiladenin pada laju respirasi dan produksi etilen bervariasi, tetapi pada jaringan terdapat penghambatan penuaan dan menurunkan laju respirasi. Selain itu dijelaskan bahwa buah yang diperlakukan dengan giberelin, mempunyai aktivitas poligalakturonase yang sangat berkurang.

Makfoeld (1992), menjelaskan bahwa perendaman mangga arumanis dalam 50 ppm asam giberelin (GA_3) selama 5 menit memberikan masa simpan 90 hari tanpa mengalami perubahan yang nyata pada kandungan padatan terlarut, keasaman dan kekerasan dalam suhu penyimpanan $27^{\circ}C$. Sedangkan pencelupan mangga carabao pada GA_3 dan bensiladenin menyebabkan respirasi dan produksi etilen mangga tersebut terhambat dalam penyimpanan $10^{\circ}C$.

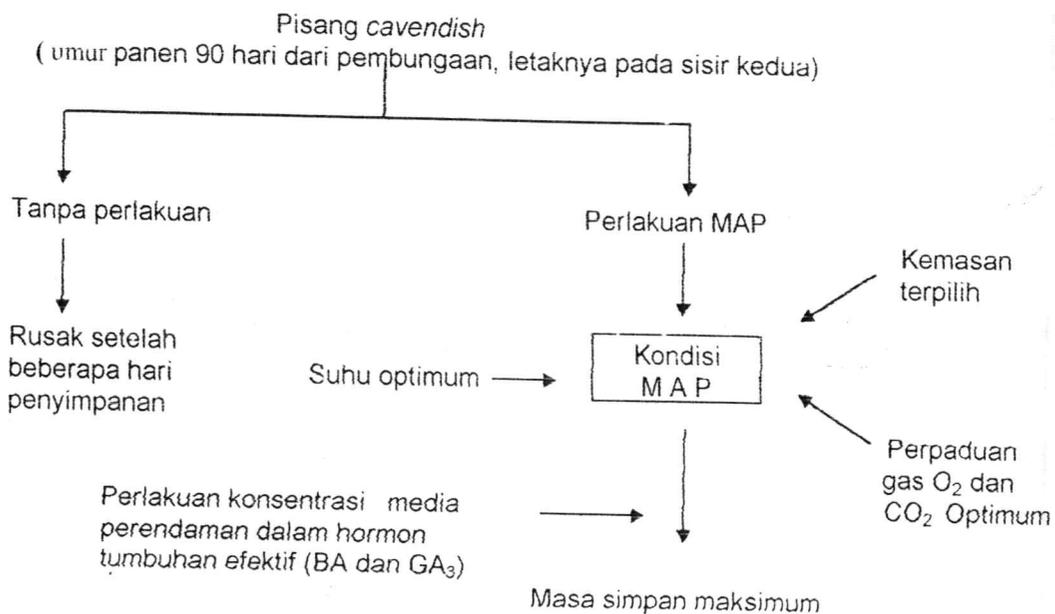
Menurut laporan Kitagawa *et al.*, (1976), penyemprotan dengan asam giberelin sebelum panen mempunyai pengaruh yang nyata dalam mengurangi laju pematangan dan penuaan kesemek.

Uraian di atas menunjukkan pengaruh suatu hormon tumbuhan sangat bervariasi terhadap buah-buahan yang berbeda. Pengaruh yang nyata terhadap buah-buahan tergantung pada jenis hormon dan konsentrasi yang digunakan dalam perlakuan.

BAB 3. KERANGKA KONSEPTUAL, OPERASIONAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN

3.1. Kerangka Konseptual Penelitian

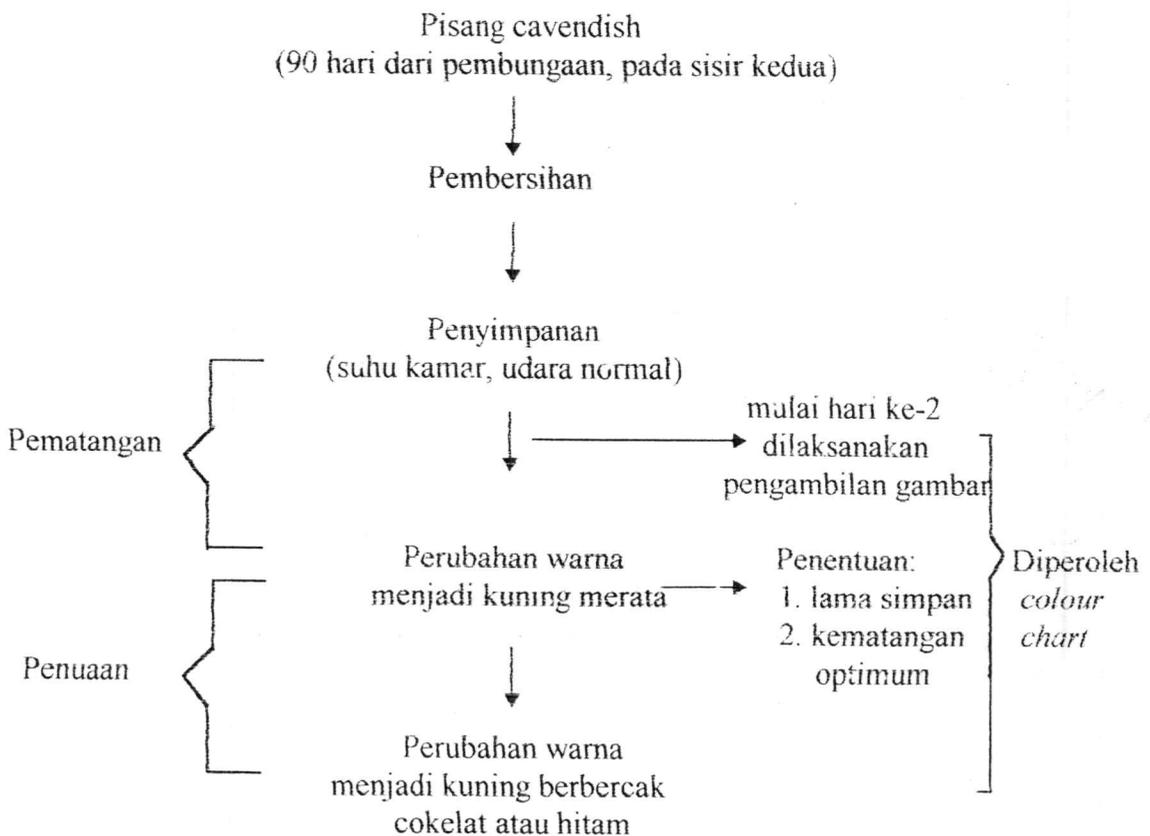
Pisang *cavendish* (umur 90 hari dari pembungaan, letaknya pada sisir kedua) tanpa diperlakukan akan mengalami kerusakan setelah beberapa hari penyimpanan. Masa simpan pisang *cavendish* sangat dipengaruhi oleh MAP. Kondisi MAP ditentukan oleh suhu optimum penyimpanan, perpaduan gas O_2 dan CO_2 optimum dan jenis kemasan yang sesuai. Kondisi MAP dan perlakuan konsentrasi media perendaman dalam hormon tumbuhan efektif (bensiladenin dan asam giberelin) yang diterapkan secara bersama pada pisang *cavendish* akan memberikan masa simpan maksimum. Kerangka konseptual dapat dilihat seperti Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Model kerangka konseptual penelitian

3.2. Kerangka Operasional Penelitian Pendahuluan

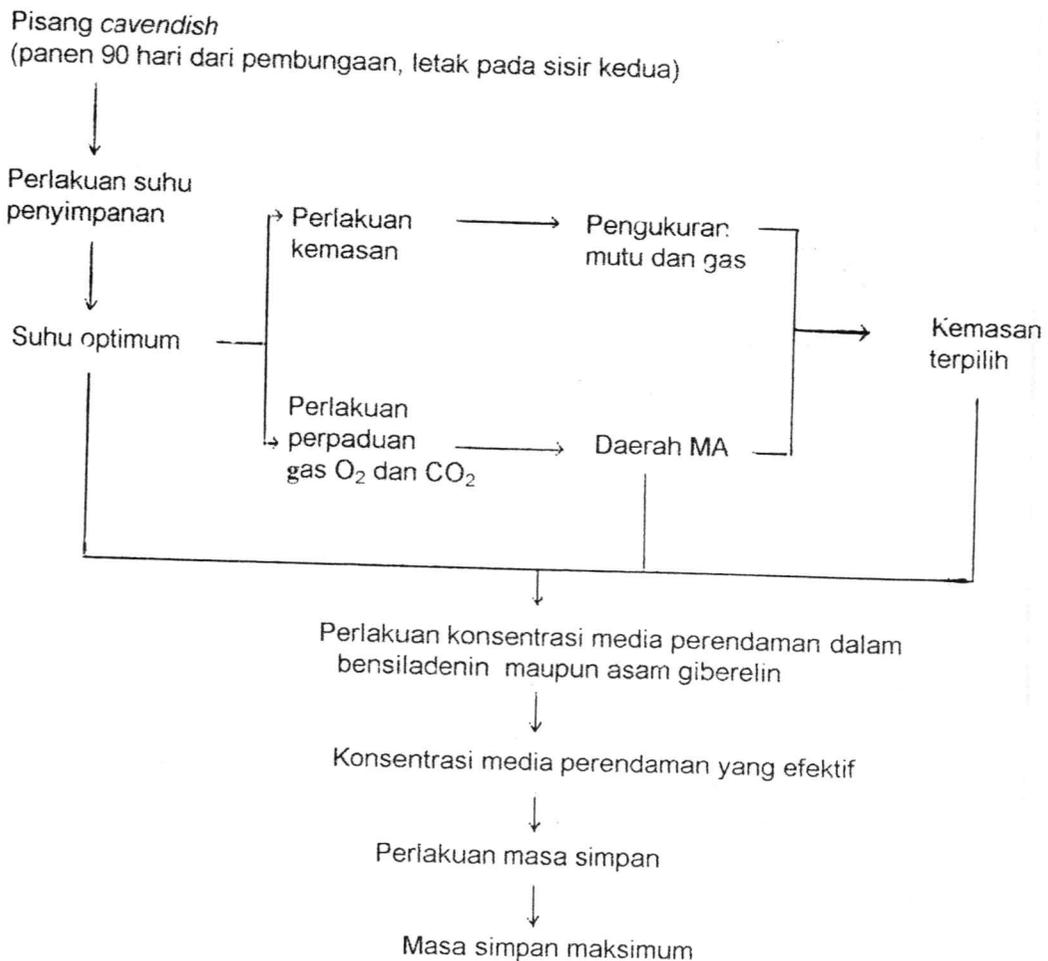
Penelitian pendahuluan ditujukan untuk mendapatkan lama penyimpanan alami pisang *cavendish* hingga kematangan optimumnya serta mendapatkan *colour chart*. *Colour chart* diperoleh dengan cara mengambil gambar pisang setiap hari selama penyimpanan yang dimulai hari kedua hingga pisang berjamur dengan warna kuning berbercak coklat atau hitam. Modelnya dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Model kerangka operasional penelitian pendahuluan

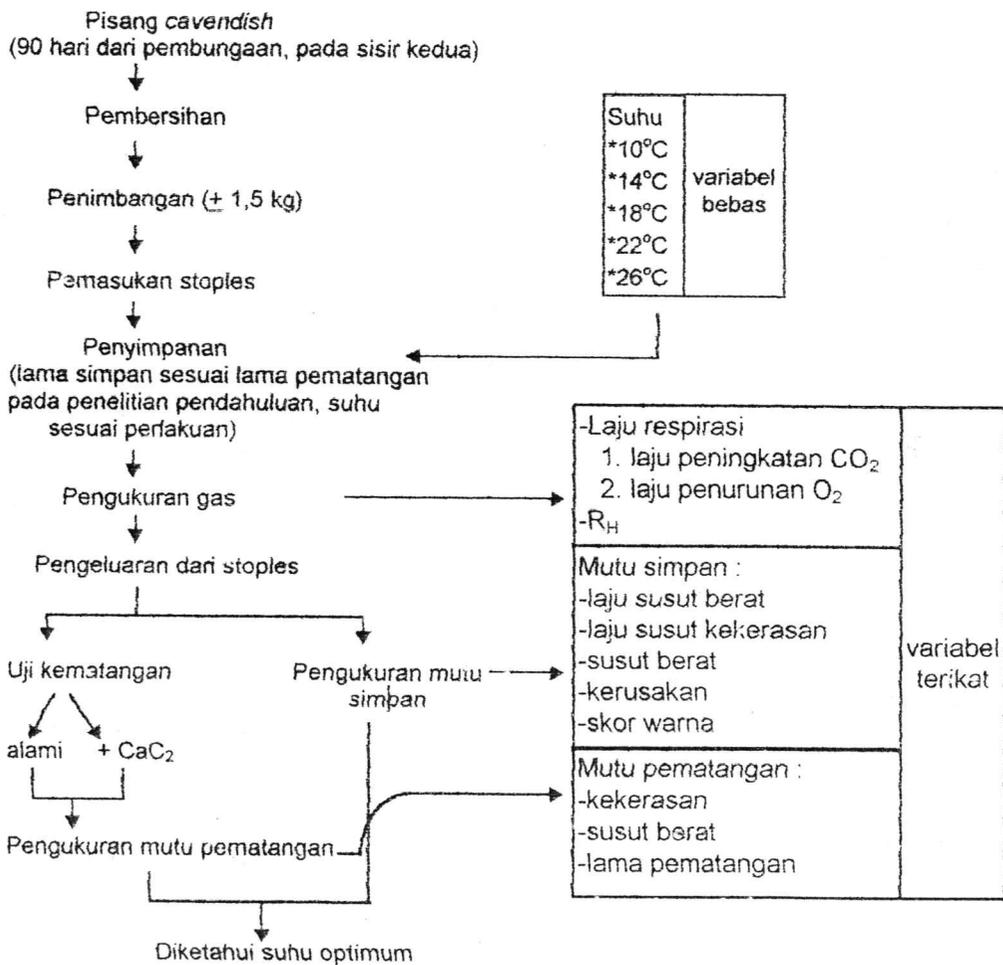
3.3. Kerangka Operasional Penelitian Utama

Secara umum dijelaskan bahwa penelitian utama dilaksanakan dalam lima tahap percobaan yang meliputi : penentuan suhu penyimpanan, penentuan daerah MA, pengaruh kemasan terhadap mutu dan konsentrasi gas dalam kemasan, penentuan konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin serta penentuan masa simpan maksimum pisang *cavendish*. Model organisasi penelitian seperti terlihat pada Gambar 3.3 dan masing-masing percobaan dijelaskan berikut ini .



Gambar 3.3. Model organisasi penelitian

Percobaan I adalah penentuan suhu penyimpanan pisang *cavendish*. Suhu penyimpanan pisang *cavendish* yang diinginkan adalah dapat memberikan laju respirasi terendah tetapi tidak menurunkan mutunya. Oleh karena itu berbagai suhu dicobakan pada percobaan ini, seperti terlihat pada Gambar 3.4.



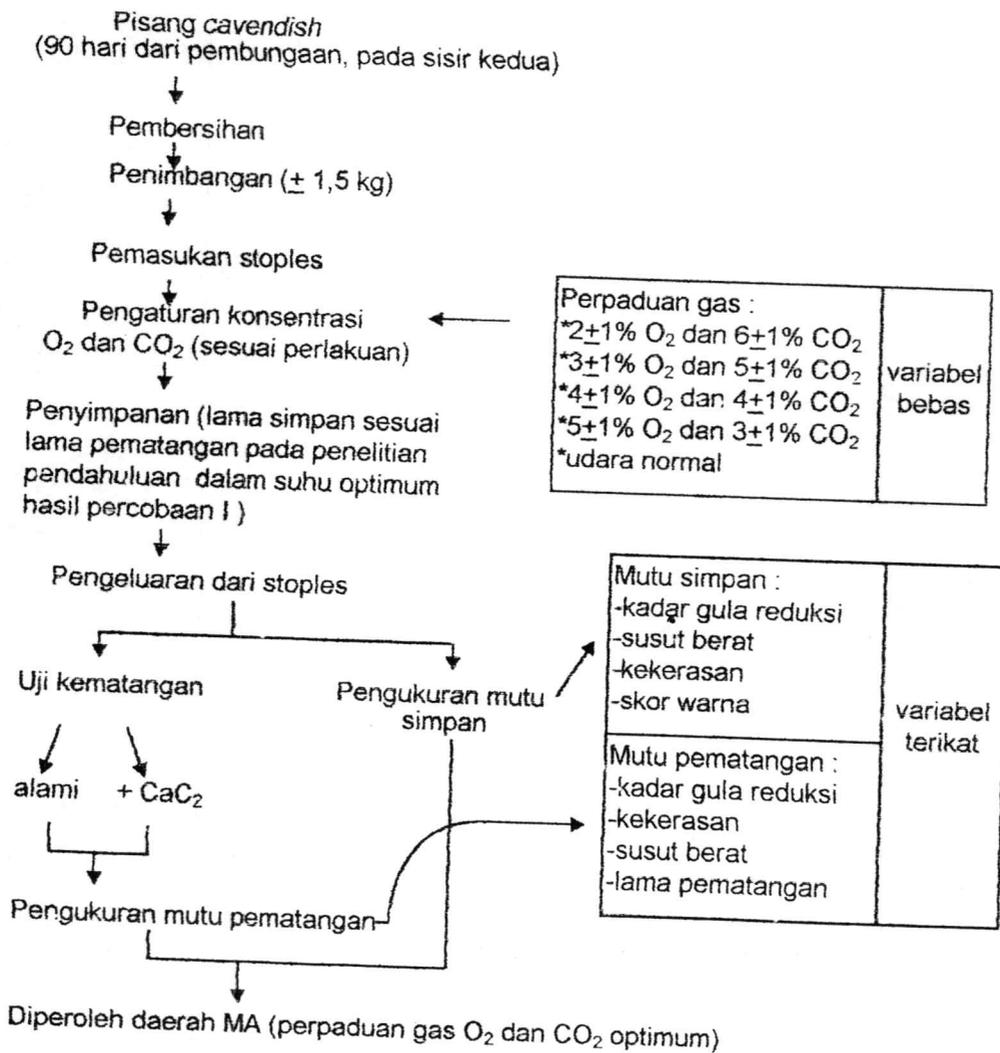
Gambar 3.4. Model percobaan I : penentuan suhu penyimpanan pisang *cavendish*; Model menguji pengaruh suhu penyimpanan terhadap laju respirasi dan mutu pisang *cavendish*

Pelaksanaan percobaan I meliputi pembersihan pisang *cavendish* (umur panen 90 hari dari pembungaan, letaknya pada sisir kedua), penimbangan (seberat 1,5 kg), pemasukan ke dalam stoples, penyimpanan (lama simpan sesuai lama pematangan pada penelitian pendahuluan) dengan suhu sesuai perlakuan, pengukuran konsentrasi gas O_2 dan CO_2 serta kelembaban relatif, pengeluaran dari stoples (kemasan), pengujian kematangan baik secara alami maupun dengan penambahan CaC_2 , pengukuran mutu simpan (laju susut berat, laju susut kekerasan, susut berat, kerusakan, skor warna) dan mutu pematangan (kekerasan, susut berat, lama pematangan), selanjutnya penentuan suhu optimum penyimpanan.

Percobaan II adalah penentuan daerah *modified atmosphere* (MA) pisang *cavendish*. Percobaan ini untuk mendapatkan perpaduan konsentrasi gas O_2 dan CO_2 yang optimum. Perpaduan yang optimum dapat mempertahankan mutu pisang *cavendish* yang dikemas, karena laju respirasi berjalan lambat dan respirasi anaerobik tidak terjadi.

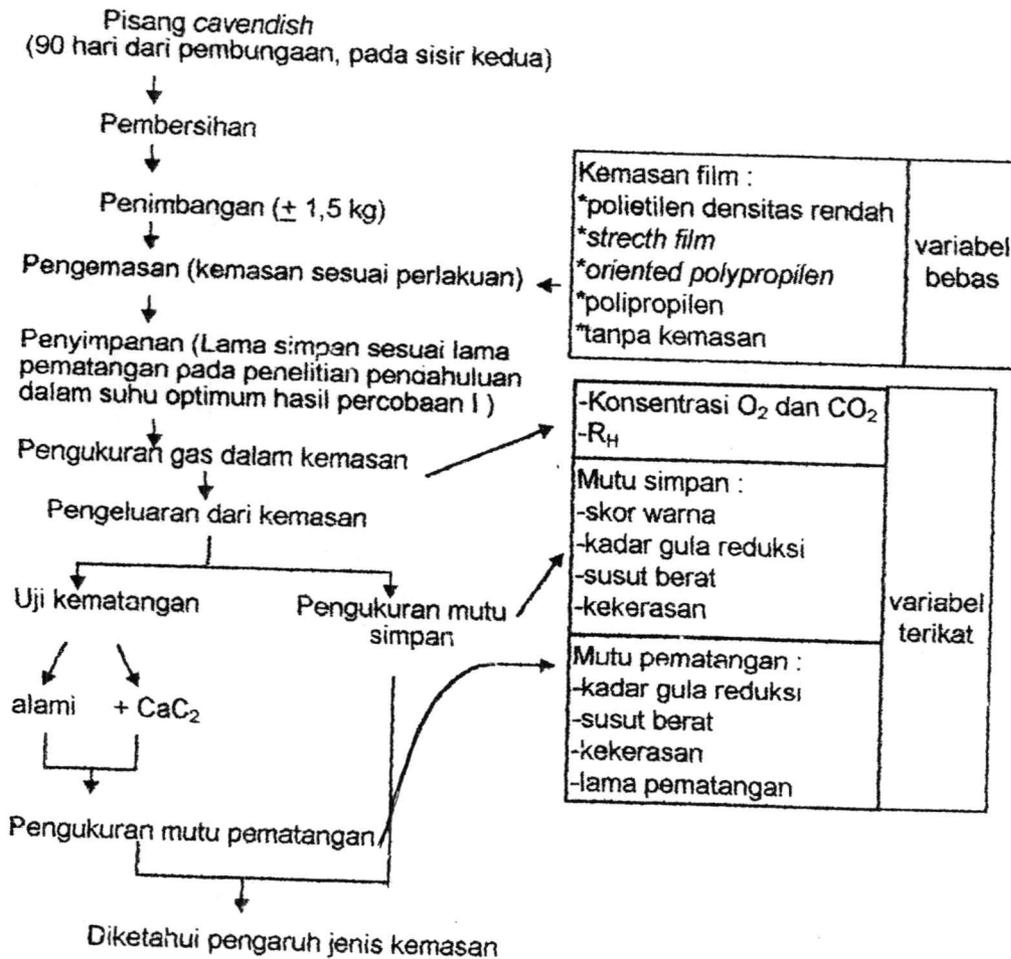
Pelaksanaan percobaan II meliputi pembersihan pisang *cavendish* (umur panen 90 hari dari pembungaan, letaknya pada sisir kedua), penimbangan (seberat 1,5 kg), pemasukan dalam stoples, pengaturan konsentrasi gas O_2 dan CO_2 sesuai perlakuan, penyimpanan (lama simpan sesuai lama pematangan pada penelitian pendahuluan) dalam suhu optimum, pengeluaran dari stoples, pengujian kematangan baik secara alami maupun dengan penambahan CaC_2 , pengukuran mutu simpan (skor

warna, kadar gula reduksi, susut berat, kekerasan) dan mutu pematangan (lama pematangan, kadar gula reduksi, susut berat, kekerasan), selanjutnya diketahui daerah MA untuk pisang *cavendish*. Model percobaan II dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Model percobaan II : penentuan daerah MA untuk pisang *cavendish*; Model menguji pengaruh perpaduan konsentrasi O₂ dan CO₂ terhadap mutu pisang *cavendish*

Percobaan III adalah pengaruh jenis kemasan terhadap mutu pisang *cavendish* dan konsentrasi gas dalam kemasan. Model percobaan terlihat pada Gambar 3.6.



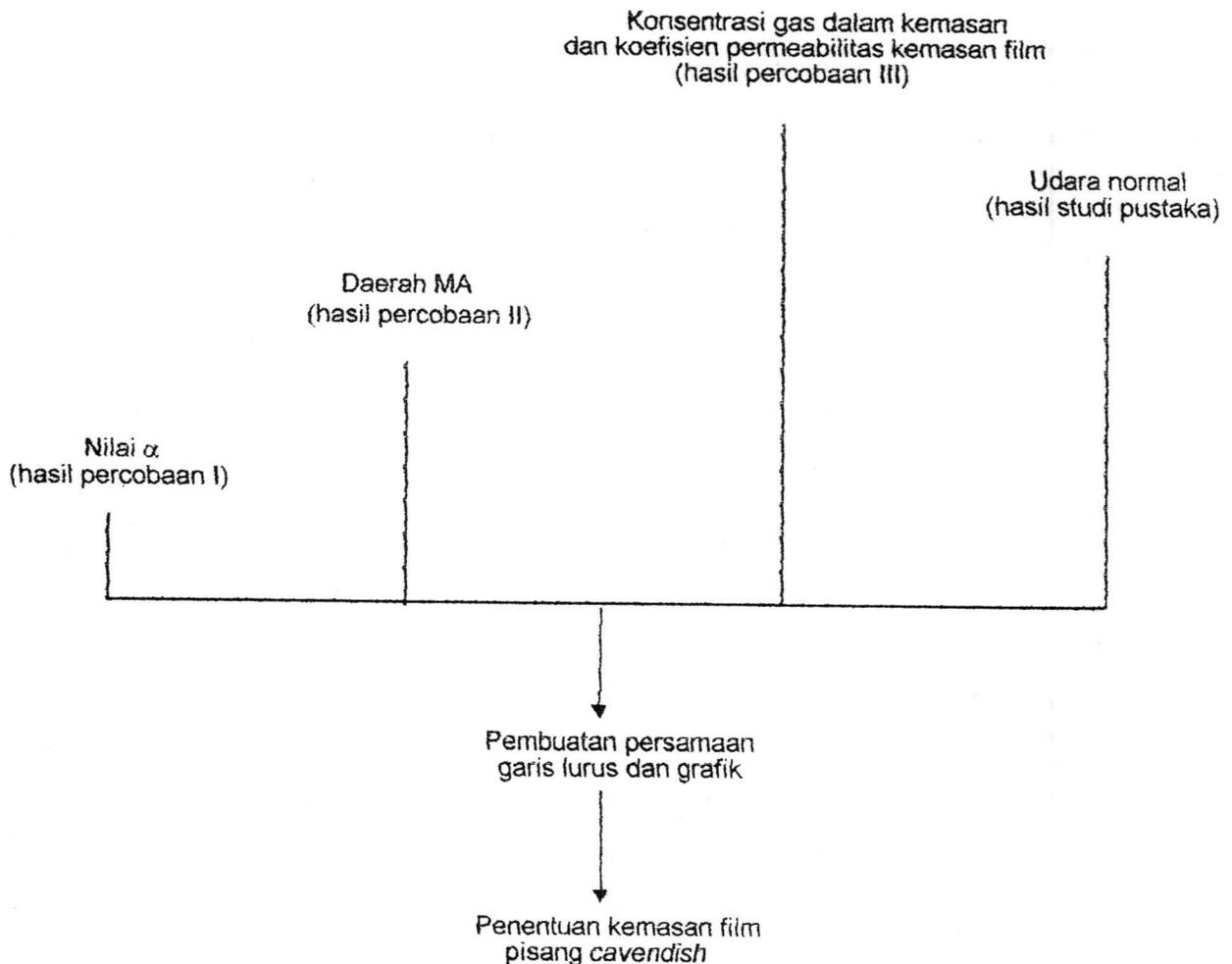
Gambar 3.6. Model percobaan III : pengaruh jenis kemasan film terhadap mutu dan konsentrasi gas dalam kemasan; Model menguji pengaruh jenis kemasan film terhadap mutu pisang *cavendish* dan konsentrasi gas O₂ dan CO₂ dalam kemasan

Percobaan tersebut dilakukan karena jenis kemasan film terutama koefisien permeabilitasnya sangat menentukan sirkulasi gas melalui kemasan tersebut. Sirkulasi gas yang besar akan mempengaruhi ketersediaan O_2 untuk respirasi pisang, sehingga mempengaruhi mutu serta menyebabkan ketidakstabilan gas O_2 dan CO_2 dalam kemasan. Oleh karena itu berbagai jenis kemasan film dicobakan untuk memperoleh mutu yang diinginkan.

Pelaksanaan percobaan III meliputi pembersihan pisang *cavendish* (umur panen 90 hari dari pembungaan, letaknya pada sisir kedua), penimbangan (seberat 1,5 kg), pengemasan (kemasan sesuai perlakuan), penyimpanan (lama simpan sesuai lama pematangan pada penelitian pendahuluan dalam suhu optimum), pengukuran gas O_2 dan CO_2 serta kelembaban relatif, pengeluaran dari kemasan, pengujian kematangan baik secara alami maupun dengan penambahan CaC_2 , pengukuran mutu simpan (skor warna, kadar gula reduksi, susut berat, kekerasan) dan mutu pematangan (lama pematangan, kadar gula reduksi, susut berat, kekerasan) dengan demikian akan diketahui pengaruh jenis kemasan.

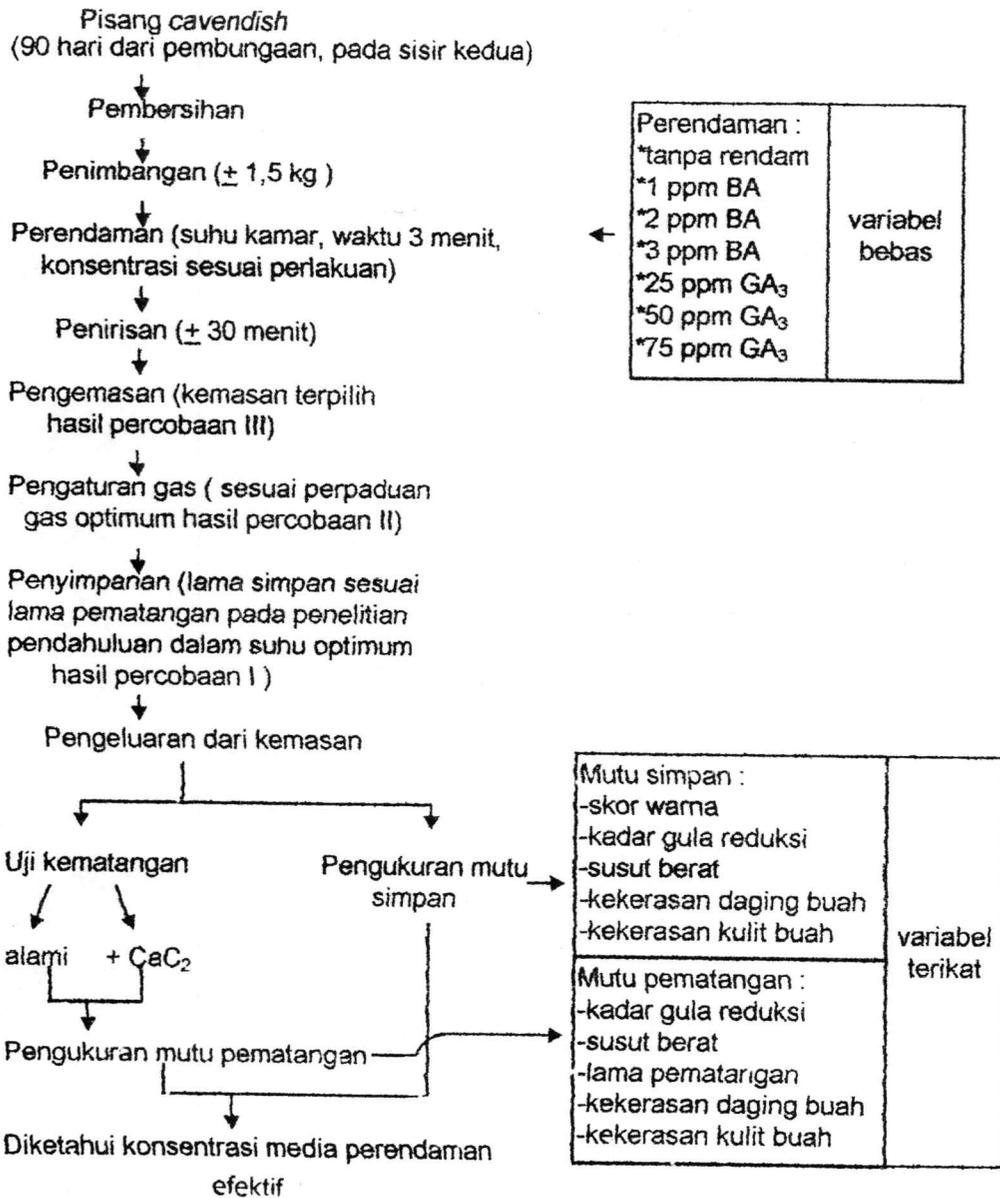
Percobaan ini dilanjutkan dengan pemilihan kemasan yang sesuai untuk pisang *cavendish*. Pemilihan kemasan dilakukan dengan menggunakan metode grafik yang dikembangkan oleh Mannaperuma *et al.*, (1989). Metode ini memanfaatkan nilai α atau perbandingan laju produksi CO_2 dan konsumsi O_2 (percobaan I), penentuan daerah MA (percobaan II), konsentrasi gas dalam kemasan

dan koefisien permeabilitas kemasan film (percobaan III) serta konsentrasi gas luar kemasan atau udara normal (studi pustaka). Skema dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7. Skema penentuan kemasan film yang sesuai untuk pisang *cavendish*

Percobaan IV adalah penentuan konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin (BA) maupun asam giberelin (GA_3) untuk menghambat pematangan. Model percobaan ini terlihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8. Model percobaan IV : penentuan konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin; Model menguji pengaruh konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin dan asam giberelin terhadap mutu pisang *cavendish*

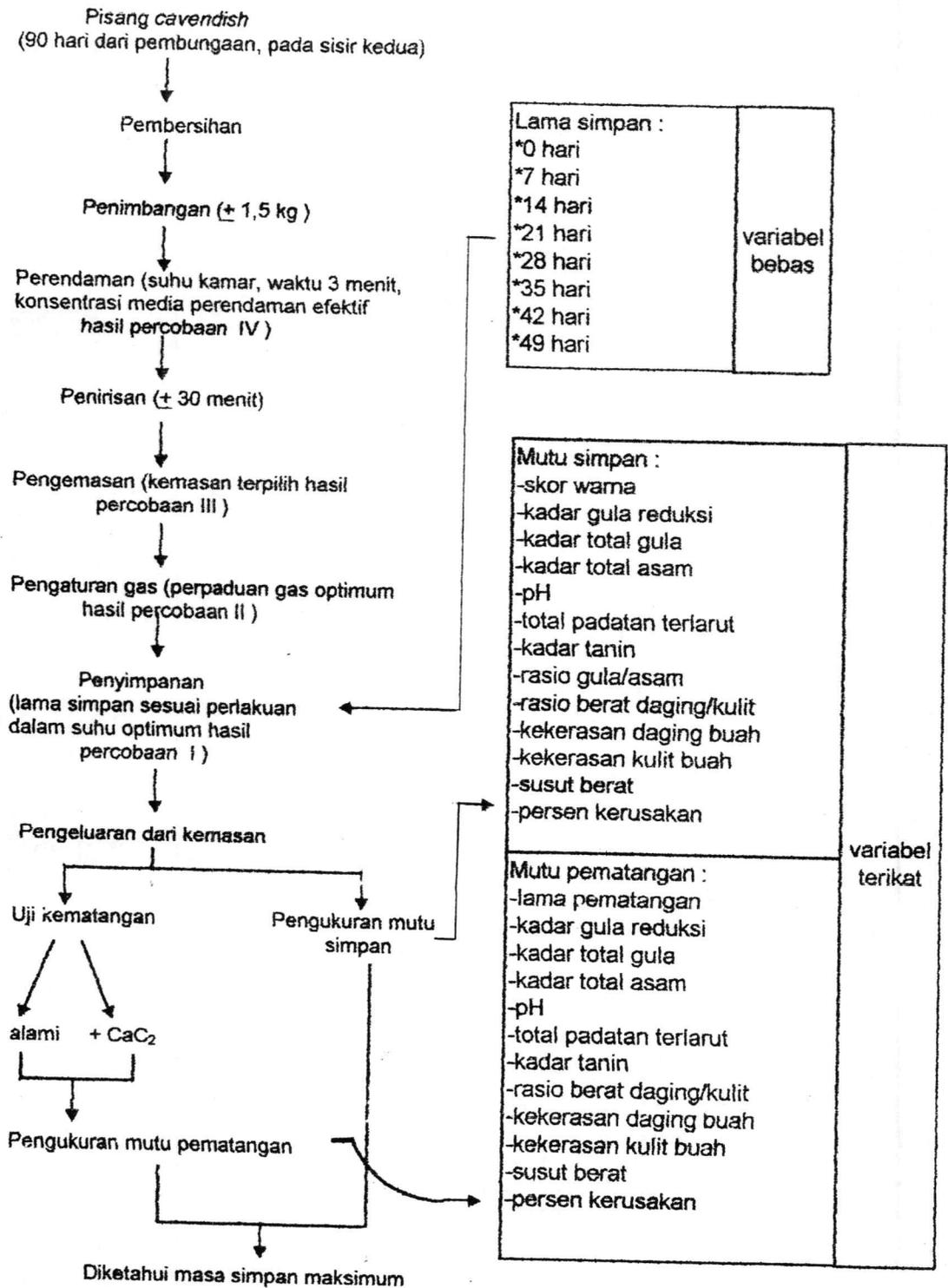
Percobaan ini dilakukan karena hormon tumbuhan dapat menghambat laju respirasi, produksi etilen dan pematangan buah, namun demikian kemampuan atau keefektifannya berbeda-beda tergantung konsentrasi media perendamannya. Oleh karena itu berbagai konsentrasi

media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin dicobakan pada percobaan ini.

Pelaksanaan percobaan IV meliputi pembersihan pisang *cavendish* (umur 90 hari dari pembungaan, letaknya pada sisir kedua), penimbangan (1,5 kg), perendaman dalam larutan bensiladenin maupun asam giberelin pada suhu kamar selama 3 menit dengan konsentrasi media sesuai perlakuan, penirisan (\pm 30 menit), pengemasan dengan kemasan film terpilih, pengaturan perpaduan gas optimum, penyimpanan (lama simpan sesuai lama pematangan pada penelitian pendahuluan dalam suhu optimum), pengeluaran dari kemasan, pengujian kematangan baik secara alami maupun dengan penambahan CaCl_2 , pengukuran mutu simpan (skor warna, kadar gula reduksi, susut berat, kekerasan daging dan kulit buah) serta mutu pematangan (lama pematangan, kadar gula reduksi, susut berat, kekerasan daging dan kulit buah).

Percobaan V adalah penentuan masa simpan maksimum pisang *cavendish*. Model percobaannya dapat dilihat pada Gambar 3.9.

Percobaan ini dilakukan setelah suhu optimum, daerah MA, kemasan film dan konsentrasi media perendaman dalam hormon tumbuhan terpilih diketahui. Kondisi terpilih ini diterapkan pada penyimpanan pisang *cavendish* untuk mengetahui masa simpan maksimum tetapi tetap mempertahankan mutu yang baik. Oleh karena itu, berbagai lama penyimpanan dicobakan untuk mengetahui masa simpan maksimum dari pisang *cavendish*.



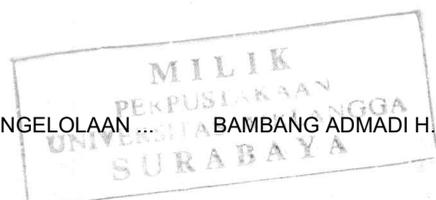
Gambar 3.9. Model percobaan V : penentuan masa simpan maksimum pisang *cavendish*; Model menguji pengaruh lama simpan terhadap mutu pisang *cavendish*

Pelaksanaan percobaan V meliputi pembersihan pisang *cavendish*, penimbangan (berat 1,5 kg), perendaman dengan konsentrasi media terpilih pada suhu kamar selama 3 menit, penirisan (\pm 30 menit), pengemasan (kemasan terpilih), pengaturan (perpaduan gas optimum), penyimpanan (masa simpan sesuai perlakuan pada suhu optimum), pengeluaran dari kemasan, pengujian kematangan baik secara alami maupun dengan penambahan CaC_2 , pengukuran mutu simpan (skor warna, kadar gula reduksi, kadar total gula, kadar total asam, pH, total padatan terlarut, kadar tanin, rasio gula/asam, rasio berat daging/kulit, kekerasan daging dan kulit buah, susut berat, persen kerusakan) serta mutu pematangan (lama pematangan, kadar gula reduksi, kadar total gula, kadar total asam, pH, total padatan terlarut, kadar tanin, rasio gula/asam, rasio berat daging / kulit, kekerasan daging dan kulit buah, susut berat, persen kerusakan). Dengan demikian diketahui masa simpan maksimum.

3.4. Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian dapat dijabarkan di bawah ini:

- a. Suhu optimum penyimpanan ditentukan oleh laju respirasi, mutu simpan dan mutu pematangan pisang *cavendish*.
- b. Ada pengaruh perpaduan gas O_2 dan CO_2 terhadap mutu simpan dan mutu pematangan pisang *cavendish*.
- c. Daerah *modified atmosphere* ditentukan oleh mutu simpan dan mutu pematangan pisang *cavendish*.



- d. Jenis kemasan berpengaruh terhadap mutu simpan dan mutu pematangan pisang *cavendish* serta konsentrasi gas dalam kemasan.
- e. Jenis kemasan yang sesuai ditentukan oleh daerah MA, koefisien permeabilitas kemasan, konsentrasi gas dan perbandingan laju produksi CO_2 terhadap konsumsi O_2 .
- f. Ada pengaruh konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin (BA) dan asam giberelin (GA_3) terhadap mutu simpan dan mutu pematangan pisang *cavendish*.
- g. Masa simpan maksimum ditentukan oleh mutu simpan dan mutu pematangan pisang *cavendish*.

BAB 4. METODE PENELITIAN

Penelitian pendahuluan dilakukan sebelum penelitian utama. Penelitian pendahuluan dilakukan dengan cara menyimpan pisang *cavendish* (umur 90 hari dari pembungaan, letaknya pada sisir kedua) secara alami dalam suhu kamar dan dibiarkan mengalami pematangan. Selama penyimpanan dilakukan pengambilan gambar setiap hari mulai hari kedua sehingga diperoleh perubahan warna pisang. Gambar pisang dengan perubahan warna ini akan digunakan sebagai *colour chart* dan untuk mengetahui lama simpan pisang pada kematangan optimumnya.

Penelitian utama dilaksanakan dalam lima percobaan. Tiga percobaan pertama mendukung penentuan kemasan menurut metode Mannapperuma *et al.*, (1989). Metode ini merupakan metode grafik yang menghubungkan grafik daerah MA dengan garis kemasan yang mempunyai persamaan $X_2 = C_2 + \alpha/\beta (C_1 - X_1)$. Adapun kelima percobaan tersebut adalah :

- (a) penentuan suhu penyimpanan pisang *cavendish*, yang bertujuan menentukan suhu optimum penyimpanan untuk pisang *cavendish*;
- (b) penentuan daerah MA pisang *cavendish*, yang bertujuan menentukan daerah MA atau perpaduan konsentrasi O_2 dan CO_2 optimum sebagai atmosfer dalam kemasan pada penyimpanan pisang *cavendish*;
- (c) pengaruh jenis kemasan film terhadap mutu pisang *cavendish* dan konsentrasi gas dalam kemasan, yang bertujuan mengetahui pengaruh

- jenis kemasan film terhadap mutu pisang *cavendish* maupun konsentrasi O₂ dan CO₂ dalam kemasan;
- (d) penentuan konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin, yang bertujuan mengetahui pengaruh konsentrasi media perendaman dalam hormon tumbuhan terhadap mutu pisang *cavendish*;
- (e) penentuan masa simpan maksimum pisang *cavendish*, yang bertujuan mengetahui masa simpan maksimum pisang *cavendish* setelah suhu optimum, daerah MA, kemasan terpilih dan konsentrasi media perendaman yang efektif diketahui.

Masing-masing tahap percobaan tersebut, pelaksanaannya diuraikan berikut ini.

4.1. Percobaan I : Penentuan Suhu Penyimpanan Pisang *Cavendish*

4.1.1. Tempat dan waktu

Percobaan dilaksanakan di Laboratorium Sentral Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Brawijaya (untuk analisis kimia) dan Laboratorium Pengolahan di BLK Wonojati Malang (untuk pelaksanaan percobaan). Percobaan dimulai Februari 1997 sampai April 1997.

4.1.2. Bahan dan alat

Bahan yang digunakan pisang *cavendish* dari Perkebunan Bantur Malang Selatan (umur panen 90 hari dari pembungaan dan letaknya pada sisir kedua dengan tujuan mendapatkan jumlah buah yang cukup untuk percobaan, ukurannya relatif sama serta cukup tua), sedang alat yang

digunakan antara lain : ruang pendingin, kromatografi gas Hp 19095P-Q02, stoples, timbangan Mettler, penetrometer, *colour chart* .

4.1.3. Rancangan percobaan

Percobaan ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan lima perlakuan suhu penyimpanan (T), yaitu :

$$T_1 = 10^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 14^\circ\text{C}$$

$$T_3 = 18^\circ\text{C}$$

$$T_4 = 22^\circ\text{C}$$

$$T_5 = 26^\circ\text{C (suhu kamar)}$$

Perlakuan diulang tiga kali, sehingga terdapat 15 unit percobaan. Adapun model matematis rancangan acak lengkap , seperti persamaan 4.1.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij} \dots\dots\dots(4.1)$$

dengan : Y_{ij} = pengamatan pada perlakuan ke-i, ulangan ke-j

μ = nilai tengah umum

α_i = pengaruh perlakuan ke-i

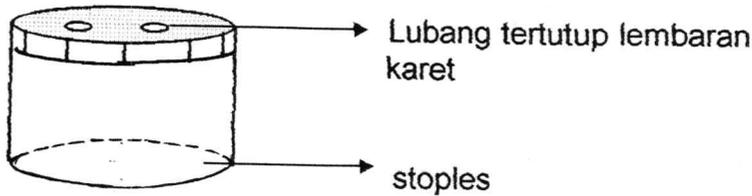
ε_{ij} = galat percobaan pada perlakuan ke-i, ulangan ke-j

$i = 1, 2, \dots, 5$

$j = 1, 2, 3.$

4.1.4. Pelaksanaan percobaan

Percobaan dilakukan secara sistem tertutup mengikuti metode Deily dan Rizvi (1981). Tutup stoples yang akan digunakan diberi lubang sebanyak dua buah dengan diameter 1 (satu) cm, selanjutnya lubang ditutup dengan lembaran karet setebal 5 mm, seperti terlihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Stoples tempat penyimpanan pisang *cavendish* dengan sistem tertutup

Jalan percobaan sebagai berikut : buah pisang *cavendish* (umur panen 90 hari dari pembungaan dan letaknya pada sisir kedua) dibersihkan, kemudian ditimbang kira-kira 1,5 kg (sebanyak 16 buah dengan rata-rata berat 93,75 gr/buah dan panjang 20,5 cm) serta dimasukkan ke dalam stoples dan ditutup rapat. Namun sebelumnya dimasukkan pula higrometer. Antara tutup dengan stoples diberi perekat untuk mengurangi kebocoran gas, kemudian disimpan dengan lama simpan sesuai dengan lama pematangan optimum (warna kulit kuning merata) dalam penelitian pendahuluan pada suhu sesuai perlakuan. Selama penyimpanan, dilakukan pembacaan RH dan pengambilan gas setiap hari dengan menggunakan spuit suntik 1 (satu) ml melalui lubang stoples yang tertutup karet. Konsentrasi gas diukur dengan kromatografi gas Hp 19095P-Q02, dengan menggunakan kolom *plot fused silica*, panjang kolom 25 m dengan 0,53 i.d. dan 0,70 o.d., fase stasioner porapak Q, gas pembawa He dengan laju 5 ml/menit, temperatur injektor dan detektor 250°C, temperatur kolom 60°C yang meningkat 10°C/menit hingga 180°C, detektor TCD.

Usai penyimpanan dilakukan pengukuran susut berat, kekerasan, kerusakan, skor warna. Selain itu dilakukan uji kematangan secara alami

maupun dengan pemberian CaC_2 terhadap pisang setelah penyimpanan dalam stoples. Uji kematangan secara alami dilakukan dengan cara membiarkan pisang dalam udara normal pada suhu kamar. Uji kematangan dengan memberikan CaC_2 (seperti Lampiran 1.4) dilakukan dengan memasukkan pisang (0,6 kg) dalam stoples kemudian ditambah 0,5 gr CaC_2 . Setelah stoples ditutup, kemasan disimpan pada suhu 19°C selama 2 hari. Selanjutnya, kemasan dipindah dan disimpan pada suhu kamar. Pada uji kematangan, pengukuran yang dilakukan meliputi : lama pematangan, susut berat dan kekerasan buah pisang *cavendish*. Kekerasan pisang *cavendish* dinyatakan sebagai nilai tekstur yang merupakan hasil pengukuran dengan penetrometer. Semakin besar nilai tekstur semakin menunjukkan pelunakan atau penurunan kekerasan.

4.1.5. Pengukuran variabel terikat

Variabel terikat yang diukur dalam percobaan dan cara pengukurannya adalah sebagai berikut :

- (a) konsentrasi gas CO_2 dan O_2 diukur menggunakan kromatografi gas, dengan cara pengukuran berdasarkan informasi yang diperoleh peneliti dari PT. Aneka Gas Industri Sidoarjo (Lampiran 1.1);
- (b) kelembaban relatif (RH) diukur menurut Gunadnya (1993) (Lampiran 1.2);
- (c) skor warna diukur menurut Mahendra (1990) (Lampiran 1.3);
- (d) lama pematangan diukur berdasarkan informasi yang diperoleh dan telah dibuktikan peneliti (Lampiran 1.4);

- (e) laju susut kekerasan dan kekerasan (nilai tekstur) diukur menurut Agustini (1997) (Lampiran 1.11);
- (f) laju susut berat dan susut berat diukur menurut Agustini (1997) (Lampiran 1.12);
- (g) kerusakan diukur menurut Gunadnya (1993) (Lampiran 1.14);

4.1.6. Analisis data

Data hasil percobaan yang diperoleh dilakukan analisis keragaman dan uji perbandingan berganda Duncan. Suhu penyimpanan yang dipilih adalah suhu dengan nilai terkecil dari matriks perkalian bobot dengan mutu.

4.2. Percobaan II : Penentuan Daerah MA Pisang *Cavendish*

4.2.1. Tempat dan waktu

Percobaan dilaksanakan di Laboratorium Sentral Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Brawijaya (untuk analisis kimia) dan Laboratorium Pengolahan di BLK Wonojati Malang (untuk pelaksanaan percobaan), mulai Mei 1997 sampai Juli 1997.

4.2.2. Bahan dan alat

Bahan percobaan adalah buah pisang *cavendish* dari Perkebunan Bantur Malang Selatan (umur panen 90 hari dari pembungaan, letaknya pada sisir kedua), gas O₂, CO₂, N₂. Alat yang digunakan ruang pendingin, spektrofotometer, penetrometer, *colour chart*, volumeter.

4.2.3. Rancangan percobaan

Percobaan ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan lima perlakuan perpaduan konsentrasi gas (G), yaitu :

$$G_1 = 2 \pm 1 \text{ persen } O_2, 6 \pm 1 \text{ persen } CO_2$$

$$G_2 = 3 \pm 1 \text{ persen } O_2, 5 \pm 1 \text{ persen } CO_2$$

$$G_3 = 4 \pm 1 \text{ persen } O_2, 4 \pm 1 \text{ persen } CO_2$$

$$G_4 = 5 \pm 1 \text{ persen } O_2, 3 \pm 1 \text{ persen } CO_2$$

$$G_5 = \text{udara normal}$$

Pemilihan perlakuan ini didasarkan pada pendapat Kader (1985) yang menunjukkan kondisi CA pisang adalah 2 sampai dengan 5 persen O_2 dan 2 sampai dengan 5 persen CO_2 untuk kisaran suhu 12 sampai dengan 15°C. Selanjutnya perlakuan diulang tiga kali, sehingga terdapat 15 unit percobaan. Adapun model matematis untuk rancangan acak lengkap adalah :

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

dengan : Y_{ij} = pengamatan pada perlakuan ke-i, ulangan ke-j

μ = nilai tengah umum

α_i = pengaruh perlakuan ke-i

ε_{ij} = galat percobaan pada perlakuan ke-i, ulangan ke-j

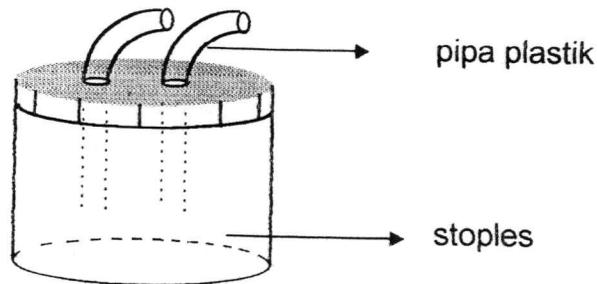
$i = 1, 2, \dots, 5$

$j = 1, 2, 3$

4.2.4. Pelaksanaan percobaan

Percobaan dilakukan secara sistem tertutup mengikuti metode Deily dan Rizvi (1981), sebagai berikut : tutup stoples yang telah berlubang, dimasuki pipa plastik sepanjang 30 cm. Pada pertemuan pipa plastik

dengan tutup stoples diberi lem dan parafin untuk menghindari kebocoran, seperti terlihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Stoples untuk penyimpanan pisang cavendish dengan pemberian pipa plastik

Jalan percobaan sebagai berikut : buah pisang *cavendish* (umur panen 90 hari dari pembungaan dan letaknya pada sisir kedua) dibersihkan, kemudian ditimbang 1,5 kg (sebanyak 16 buah dengan rata-rata berat 93,75 gr/buah dan panjang 20,5 cm) dimasukkan ke dalam stoples serta ditutup rapat. Antara tutup dan stoples diberi perekat untuk mengurangi kebocoran gas.

Pengaturan komposisi gas dilakukan sebagai berikut : kemasan divakumkan dengan cara menghubungkan pipa plastik pada tutup kemasan dengan pompa vakum. Setelah kondisi vakum diperoleh, pipa plastik dilipat selanjutnya dihubungkan dengan tabung gas. Aliran gas (O_2 , CO_2 , N_2) diukur dengan laju ± 300 ml/menit sampai volume gas total ± 3000 ml. Komposisi gas yang diperlukan sesuai perlakuan, diatur menggunakan pengukuran waktu. Pengaturan komposisi gas dilakukan setiap hari selama penyimpanan dengan lama simpan sesuai lama pematangan optimum pada penelitian pendahuluan. Pada percobaan ini penyimpanan dilakukan pada suhu optimum ($14^{\circ}C$) ... Setelah disimpan

dan dikeluarkan dari stoples, pisang dilakukan pengamatan yaitu sebagian langsung dilakukan uji mutu simpan yang meliputi skor warna, kadar gula reduksi, susut berat dan kekerasan. Sebagian lagi dilakukan uji kematangan secara alami pada udara normal dan penambahan CaC_2 seperti percobaan I. Selanjutnya dilakukan pengukuran lama pematangan, kadar gula reduksi, susut berat, kekerasan.

4.2.5. Pengukuran variabel terikat

Variabel terikat yang diukur dalam percobaan dan cara pengukurannya adalah sebagai berikut :

- (a) skor warna diukur menurut Mahendra (1990) (Lampiran 1.3);
- (b) lama pematangan diukur berdasarkan informasi yang diperoleh dan telah dibuktikan peneliti (Lampiran 1.4);
- (c) kadar gula reduksi dengan metode Shaffer - Somogyi I dalam Apriyantono dkk (1989) (Lampiran 1.5);
- (d) kekerasan (nilai tekstur) diukur menurut Agustini (1997) (Lampiran 1.11);
- (e) susut berat diukur menurut Agustini (1997) (Lampiran 1.12).

4.2.6. Analisis data

Data hasil percobaan yang diperoleh dilakukan analisis keragaman dan uji perbandingan berganda Duncan. Perpaduan gas O_2 dan CO_2 yang mempunyai nilai matriks perkalian (bobot dengan mutu) terkecil dan perpaduan lain yang memberi nilai tidak berbeda nyata dengan nilai tersebut merupakan daerah MA pisang *cavendish*.

4.3. Percobaan III : Pengaruh Jenis Kemasan Film terhadap Mutu Pisang *Cavendish*

4.3.1. Tempat dan waktu

Percobaan dilaksanakan di Laboratorium Sentral Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Brawijaya (untuk analisis kimia) dan Laboratorium Pengolahan di BLK Wonojati Malang (untuk pelaksanaan percobaan), mulai Agustus 1997 sampai Oktober 1997.

4.3.2. Bahan dan alat

Bahan percobaan buah pisang *cavendish* dari Perkebunan Bantur Malang Selatan (umur panen 90 hari dari pembungaan, letaknya pada sisir kedua), nampan (*trayfoam*), kemasan yaitu *stretch film* ($\beta=1,03$) dari *Center Packing* Hero supermarket Ciputat Jakarta, *oriented polypropylene* ($\beta=1,09$) dari PT. Argha Karya Prima Industry, polipropilen ($\beta=1,19$) dan polietilen densitas rendah ($\beta=1,13$) dari PT. Djaja Indah Bekasi. Alat yang digunakan kromatografi gas HP 19095P-Q02, spektrofotometer, penetrometer, timbangan, ruang pendingin.

4.3.3. Rancangan percobaan

Percobaan ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan lima perlakuan kemasan (K), yaitu :

K_1 = polietilen densitas rendah

K_2 = *stretch film*

K_3 = *oriented polypropilen*

K_4 = polipropilen

K_5 = tanpa kemasan

Selanjutnya perlakuan diulang tiga kali, sehingga terdapat 15 unit percobaan. Adapun model matematis untuk rancangan acak lengkap adalah :

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

dengan : Y_{ij} = pengamatan pada perlakuan ke-i, ulangan ke-j

μ = nilai tengah umum

α_i = pengaruh perlakuan ke-i

ε_{ij} = galat percobaan pada perlakuan ke-i, ulangan ke-j

$i = 1, 2, \dots, 5$

$j = 1, 2, 3.$

4.3.4. Pelaksanaan percobaan

Buah pisang *cavendish* (umur 90 hari dari pembungaan dan letak pada sisir kedua) dibersihkan kemudian ditimbang kira-kira 1,5 kg (sebanyak 16 buah dengan rata-rata berat 93,75 gr/buah dan panjang setiap buah 20,5 cm) selanjutnya dimasukkan ke dalam nampan bersamaan dengan higrometer. Pisang sebagai kontrol tidak ditutup dengan kemasan film, sedang pisang yang dikemas dengan kemasan film dikerjakan sebagai berikut : pinggiran nampan diberi *double tape* 1 cm dan badan nampan diberi *cellophan tape* 2,5 cm untuk melekatkan kemasan film. Kemasan film tidak menutupi bagian bawah nampan. Kemasan yang digunakan sesuai perlakuan. Untuk memudahkan pengambilan gas dalam kemasan, maka sisi luar alas wadah dilekatkan karet khusus setebal 2,5 mm. Pengambilan gas dilakukan dengan spuit 1 ml dan pengukurannya dengan kromatografi gas seperti

percobaan I. Selanjutnya disimpan dalam suhu optimum dengan lama simpan sesuai lama pematangan optimum pada penelitian pendahuluan. Pengamatan meliputi pengukuran konsentrasi gas O_2 dan CO_2 , RH, skor warna, kadar gula reduksi, kekerasan, susut berat. Setelah uji kematangan secara alami atau dengan pemberian CaC_2 seperti percobaan I, dilakukan pengukuran lama pematangan, kadar gula reduksi, kekerasan dan susut berat.

4.3.5. Pengukuran variabel terikat

Variabel terikat yang diukur dalam percobaan dan cara pengukurannya adalah sebagai berikut :

- (a) skor warna diukur menurut Mahendra (1990) (Lampiran 1.3);
- (b) lama pematangan diukur berdasarkan informasi yang diperoleh dan telah dibuktikan peneliti (Lampiran 1.4);
- (c) kadar gula reduksi dengan metode Shaffer - Somogyi I dalam Apriyantono dkk (1989) (Lampiran 1.5);
- (d) kekerasan (nilai tekstur) diukur menurut Agustini (1997) (Lampiran 1.11)
- (e) susut berat diukur menurut Agustini (1997) (Lampiran 1.12);
- (f) konsentrasi CO_2 dan O_2 diukur menggunakan kromatografi gas, dengan cara pengukuran berdasarkan informasi penelitian dari PT. Aneka Gas Industri, Sidoarjo (Lampiran 1.1);
- (g) kelembaban relatif (RH) diukur menurut Gunadnya (1993) (Lampiran 1.2).

4.3.6. Analisis data

Data hasil percobaan yang diperoleh dilakukan analisis keragaman dan uji perbandingan berganda Duncan. Kemasan terpilih didasarkan nilai terkecil dari matriks perkalian (bobot dengan mutu) dan metode grafik Mannapperuma *et. al.*, (1984).

4.3.7. Penentuan kemasan film dengan metode grafik

Penentuan kemasan film berdasarkan cara Mannapperuma *et al.*, (1989). Prinsip pemilihan adalah setiap grafik daerah MA buah pisang *cavendish* yang dilalui oleh garis kemasan : $X_2 = C_2 + \alpha/\beta (C_1 - X_1)$, menunjukkan kemasan film yang sesuai sebagai pengemas seperti pada Gambar 2.12. Nilai α (laju produksi CO₂ dibanding laju konsumsi O₂) diperoleh dari percobaan I, daerah MA diperoleh dari percobaan II, nilai β (koefisien permeabilitas kemasan terhadap CO₂ dibanding O₂) dan nilai variabel X (konsentrasi gas di dalam kemasan) diperoleh dari percobaan III dan C (konsentrasi gas di luar kemasan) merupakan studi pustaka.

4.4. Percobaan IV : Penentuan Konsentrasi Media Perendaman dalam Bensiladenin maupun Asam Giberelin

4.4.1. Tempat dan waktu

Percobaan dilaksanakan di Laboratorium Sentral Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Brawijaya (untuk analisis kimia) dan Laboratorium Pengolahan di BLK Wonojati Malang (untuk pelaksanaan percobaan), mulai November 1997 sampai Januari 1998.

4.4.2. Bahan dan alat

Bahan percobaan adalah buah pisang *cavendish* dari Perkebunan Bantur Malang Selatan (90 hari dari pembungaan), kemasakan terpilih dari percobaan III, bensiladenin (BA) dengan batas yang diperbolehkan 1380 ppm, asam giberelin (GA_3) dengan batas yang diperbolehkan 25000 ppm, *aquadest*. Alat yang digunakan antara lain spektrofotometer, ruang pendingin, timbangan, penetrometer.

4.4.3. Rancangan percobaan

Percobaan ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan tujuh konsentrasi media perendaman dalam (bensiladenin maupun asam giberelin) (H), yaitu :

H_1 = tanpa perendaman (kontrol)

H_2 = perendaman 1 ppm BA

H_3 = perendaman 2 ppm BA

H_4 = perendaman 3 ppm BA

H_5 = perendaman 25 ppm GA_3

H_6 = perendaman 50 ppm GA_3

H_7 = perendaman 75 ppm GA_3

Perlakuan tersebut diulang tiga kali, sehingga terdapat 21 unit percobaan.

Adapun model matematis untuk rancangan acak lengkap adalah :

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

dengan : Y_{ij} = pengamatan pada perlakuan ke-i, ulangan ke-j

μ = nilai tengah umum

α_i = pengaruh perlakuan ke-i

ε_{ij} = galat percobaan pada perlakuan ke-i, ulangan ke-j

$i = 1, 2, \dots, 7$

$j = 1, 2, 3$

4.4.4. Pelaksanaan percobaan

Buah pisang *cavendish* (umur panen 90 hari dari pembungaan, letaknya pada sisir kedua) dibersihkan, kemudian ditimbang $\pm 1,5$ kg (sebanyak 16 buah dengan rata-rata berat 93,75 gr/buah dan panjang 20,50 cm). Selanjutnya direndam dalam larutan hormon tumbuhan, dengan konsentrasi media perendaman sesuai perlakuan selama 3 menit (Annijawati, 1993). Pisang ditiriskan ± 30 menit, setelah itu dikemas menggunakan kemasan film terpilih dan dilanjutkan pengaturan gas dengan perpaduan konsentrasi O_2 dan CO_2 optimum. Cara pengemasan seperti pada percobaan III dan pengaturan gas seperti percobaan II dengan volume gas total ± 3000 ml. Kemasan pisang disimpan pada suhu optimum dengan lama simpan sesuai lama pematangan pada penelitian pendahuluan. Setelah dikeluarkan dari kemasan dilakukan pengamatan meliputi skor warna, kadar gula reduksi, susut berat, kekerasan daging dan kekerasan kulit buah. Selanjutnya dilakukan uji kematangan secara alami maupun dengan pemberian CaC_2 seperti percobaan I dan dilakukan pengukuran lama pematangan, kadar gula reduksi, susut berat, kekerasan daging dan kulit buah.

4.4.5. Pengukuran variabel terikat

Variabel terikat yang diukur dalam percobaan dan cara pengukurannya adalah sebagai berikut :

- (a) skor warna diukur menurut Mahendra (1990) (Lampiran 1.3);
- (b) lama pematangan diukur berdasarkan informasi yang diperoleh dan telah dibuktikan peneliti (Lampiran 1.4);

- (c) kadar gula reduksi dengan metode Shaffer - Somogyi I dalam Apriyantono dkk (1989) (Lampiran 1.5);
- (d) kekerasan (nilai tekstur) daging dan kulit buah diukur menurut Agustini (1997) (Lampiran 1.11);
- (e) susut berat diukur menurut Agustini (1997) (Lampiran 1.12).

4.4.6. Analisis data

Data hasil percobaan yang diperoleh dilakukan analisis keragaman dan uji perbandingan berganda Duncan. Konsentrasi media perendaman dalam hormon tumbuhan (bensiladenin maupun asam giberelin) terbaik ditentukan dari nilai terkecil dari matriks perkalian bobot dengan mutu pisang *cavendish*.

4.5. Percobaan V : Penentuan Masa Simpan

4.5.1. Tempat dan waktu

Percobaan dilaksanakan di Laboratorium Sentral Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Brawijaya (untuk analisis kimia) dan Laboratorium Pengolahan di BLK Wonojati Malang (untuk pelaksanaan percobaan), mulai Februari 1998 sampai April 1998.

4.5.2. Bahan dan alat

Bahan percobaan adalah buah pisang *cavendish* dari Perkebunan Bantur Malang Selatan (umur panen 90 hari dari pembungaan, letaknya pada sisir kedua), gas O₂, CO₂, N₂, hormon tumbuhan terpilih, *aquadest*,

nampan (*trayfoam*), kemasan film terpilih. Alat yang digunakan antara lain penetrometer, timbangan, ruang pendingin, spektrofotometer.

4.5.3. Rancangan percobaan

Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap dengan delapan perlakuan lama penyimpanan (P), yaitu :

$$P_1 = 0 \text{ hari}$$

$$P_2 = 7 \text{ hari}$$

$$P_3 = 14 \text{ hari}$$

$$P_4 = 21 \text{ hari}$$

$$P_5 = 28 \text{ hari}$$

$$P_6 = 35 \text{ hari}$$

$$P_7 = 42 \text{ hari}$$

$$P_8 = 49 \text{ hari}$$

Perlakuan tersebut diulang 3 kali, sehingga terdapat 24 unit percobaan.

Adapun model matematis untuk rancangan acak lengkap adalah :

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

dengan : Y_{ij} = pengamatan pada perlakuan ke-i, ulangan ke-j

μ = nilai tengah umum

α_i = pengaruh perlakuan ke-i

ε_{ij} = galat percobaan pada perlakuan ke-i, ulangan ke-j

$$i = 1, 2, \dots, 8$$

$$j = 1, 2, 3$$

4.5.4. Pelaksanaan percobaan

Buah pisang *cavendish* (umur panen 90 hari dari pembungaan, letaknya pada sisir kedua) dibersihkan kemudian ditimbang $\pm 1,5$ kg

(sebanyak 16 buah dengan rata-rata berat 93,75 gr/buah dan panjang

20,5 cm). Pisang tersebut direndam dengan konsentrasi media perendaman terpilih, kemudian ditiriskan \pm 30 menit. Setelah itu dikemas dengan kemasan terpilih. Cara pengemasan seperti pada percobaan III. Selanjutnya dilakukan pengaturan gas pada perpaduan optimum seperti pada percobaan II, dengan volume gas total 3000 ml. Kemudian dilakukan penyimpanan pada suhu optimum dengan lama penyimpanan sesuai perlakuan. Setelah dikeluarkan dari kemasan, sebagian pisang dilakukan pengamatan meliputi skor warna, susut berat, kekerasan daging dan kulit buah, rasio berat daging/kulit, persen kerusakan, kadar gula reduksi, kadar total gula, kadar tanin, kadar total asam, total padatan terlarut, pH, rasio gula/asam. Sebagian dilakukan uji kematangan secara alami dan penambahan CaC_2 seperti percobaan I. Pengamatan meliputi lama pematangan, susut berat, kekerasan daging dan kulit buah, rasio berat daging/kulit, persen kerusakan, kadar gula reduksi, kadar total gula, kadar tanin, kadar total asam, total padatan terlarut, pH, rasio gula/asam.

4.5.5. Pengukuran variabel terikat

Variabel terikat yang diukur dalam percobaan dan cara pengukurannya adalah sebagai berikut :

- (a) skor warna diukur menurut Mahendra (1990) (Lampiran 1.3);
- (b) lama pematangan diukur berdasarkan informasi yang diperoleh dan telah dibuktikan peneliti (Lampiran 1.4);
- (c) kadar gula reduksi dan total gula dengan metode Shaffer - Somogyi I dalam Apriyantono dkk (1989) (Lampiran 1.5);
- (d) kadar total asam diukur menurut Ranganna (1997) (Lampiran 1.6);

- (e) pH diukur menurut Apriyantono dkk. (1989) (Lampiran 1.7);
- (f) total padatan terlarut diukur menurut Mahendra (1990) (Lampiran 1.8);
- (g) kadar tanin dengan metode Lowenthal Procter dalam Sudarmadji dkk. (1984) (Lampiran 1.9);
- (h) rasio gula / asam diukur menurut Mahendra (1990) (Lampiran 1.10).
- (i) kekerasan daging dan kulit buah diukur menurut Agustini (1997) (Lampiran 1.11);
- (j) susut berat diukur menurut Agustini (1997) (Lampiran 1.12);
- (k) rasio berat daging / kulit diukur menurut Mahendra (1990) (Lampiran 1.13);
- (l) kerusakan diukur menurut Gunadnya (1993) (Lampiran 1.14);

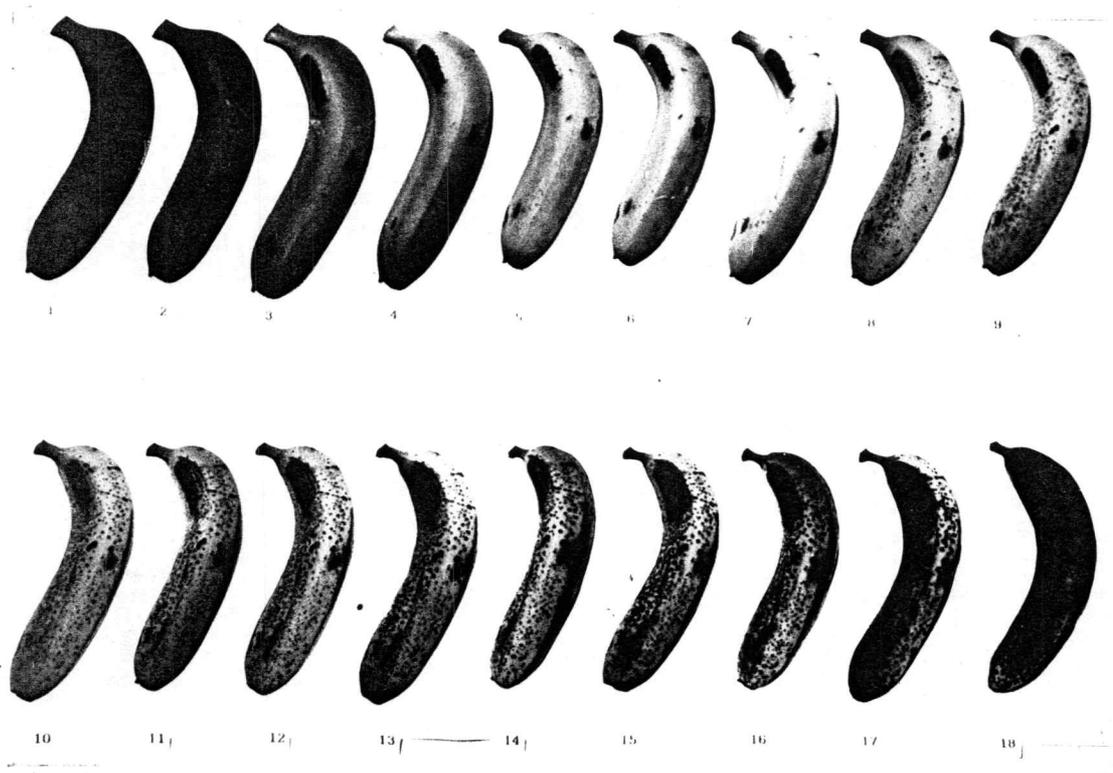
4.5.6.. Analisis data

Data percobaan yang diperoleh dilakukan analisis keragaman dan uji perbandingan berganda Duncan. Masa simpan maksimum ditunjukkan oleh nilai terbesar dari matriks perkalian bobot dengan mutu pisang *cavendish* .

BAB 5. HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS HASIL PENELITIAN

5.1. Penelitian Pendahuluan

Hasil penelitian pendahuluan berupa pisang dengan warna-warna yang berbeda selama penyimpanan. Warna-warna pisang tersebut diambil gambarnya dan dipakai sebagai *colour chart* untuk penelitian selanjutnya. Warna gambar-gambar pisang diberi skor sesuai urutan perubahannya. Pisang yang matang optimum pada penyimpanan hari ke-8 dengan warna kuning merata diberi skor warna 7. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.1.

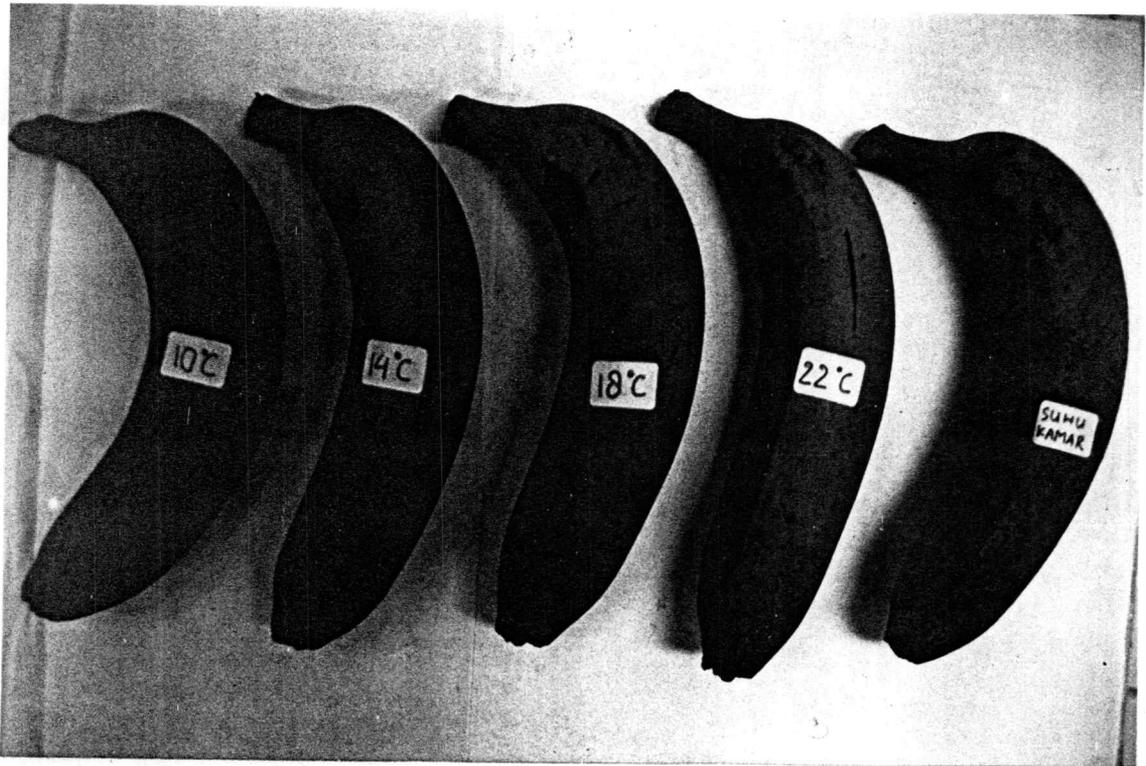


Gambar 5.1. Perubahan warna pisang selama penyimpanan sebagai *colour chart*

Keterangan : Angka 1 sampai dengan 18 menunjukkan nilai skor warna

5.2. Percobaan I : Penentuan Suhu Penyimpanan Pisang *Cavendish*

Percobaan I yang mempelajari pengaruh suhu penyimpanan terhadap pisang *cavendish* menunjukkan hasil seperti terlihat pada Gambar 5.2. Pengaruh terhadap variabel-variabel terikat lain akan dijelaskan berikut ini.



Gambar 5.2. Kenampakan pisang *cavendish* pada suhu yang berbeda setelah 8 hari penyimpanan

Keterangan : 10, 14, 18, 22°C dan suhu kamar menunjukkan suhu penyimpanan pisang *cavendish*

5.2.1. Laju produksi CO₂, laju konsumsi O₂ dan kelembaban relatif (RH)

Suhu berpengaruh nyata sampai tingkat kuadratik terhadap laju produksi CO₂ dan laju konsumsi O₂ serta sangat nyata hanya sampai tingkat linier terhadap kelembaban relatif ruang kemasan pisang *cavendish*.

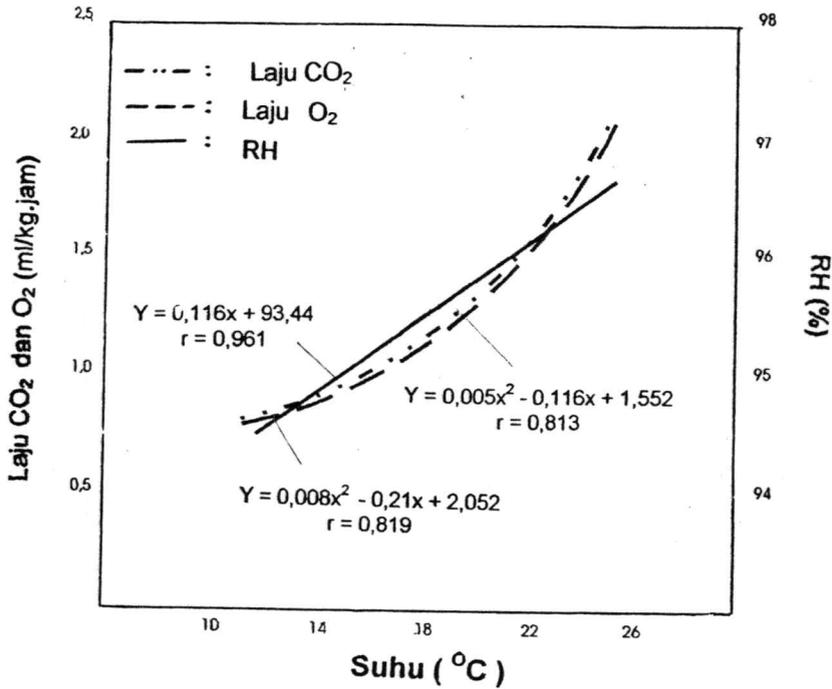
Laju produksi CO₂ dan konsumsi O₂ terkecil diberikan oleh pisang dalam suhu penyimpanan 10, 14, 18 dan 22°C. Hal ini berbeda nyata dengan laju produksi CO₂ dan konsumsi O₂ terbesar yang ditunjukkan oleh pisang dalam suhu penyimpanan 26°C, seperti terlihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Pengaruh suhu penyimpanan pisang *cavendish* terhadap laju produksi CO₂, laju konsumsi O₂ dan kelembaban relatif

Kode	Suhu (°C)	Laju produksi CO ₂ (ml/kg.jam)	Laju konsumsi O ₂ (ml/kg.jam)	RH (%)
T ₁	10	0,89 ^a	0,84 ^f	94,67 ^x
T ₂	14	0,93 ^a	0,92 ^f	95,00 ^x
T ₃	18	1,12 ^a	1,08 ^f	95,33 ^x
T ₄	22	1,15 ^a	1,12 ^f	96,33 ^y
T ₅	26	2,47 ^b	2,40 ^s	96,33 ^y

Keterangan : Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

Tabel tersebut juga memperlihatkan bahwa kelembaban relatif terendah ditunjukkan oleh ruang kemasan pisang pada suhu 10, 14, 18°C yang berbeda nyata dengan kelembaban relatif tertinggi pada suhu penyimpanan 22 dan 26°C .



Gambar. 5.3. Grafik hubungan suhu penyimpanan pisang *cavendish* dengan laju produksi CO₂, laju konsumsi O₂ dan kelembaban relatif

Gambar 5.3 memperlihatkan semakin tinggi suhu (dari 10 hingga 26°C), semakin memperbesar laju produksi CO₂ (dari 0,89 hingga 2,47 ml/kg.jam), laju konsumsi O₂ (dari 0,84 hingga 2,40 ml/kg.jam) dan kelembaban relatif ruang kemasan pisang *cavendish* (dari 94,67 hingga 96,33 persen).

5.2.2. Laju susut berat dan laju susut kekerasan

Laju susut kekerasan merupakan perubahan nilai tekstur tiap detik. Laju susut kekerasan pisang dipengaruhi dengan sangat nyata sampai tingkat kuadratik oleh suhu penyimpanan. Pengaruh tersebut terhadap laju susut berat terjadi pada tingkat linier.

Tabel 5.2. Pengaruh suhu penyimpanan terhadap laju susut berat dan laju susut kekerasan pisang *cavendish*

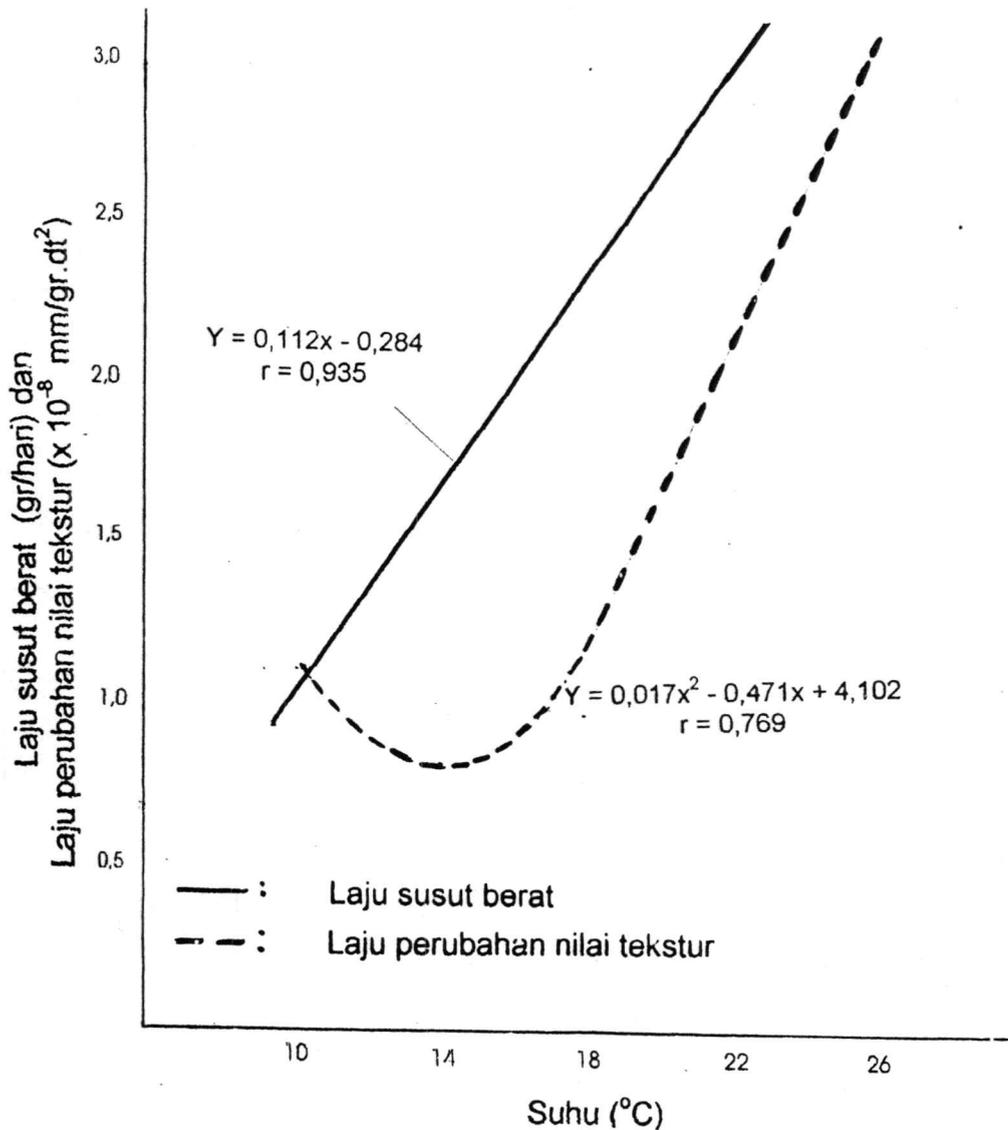
Kode	Suhu (°C)	Laju susut berat (gr/hari)	Laju susut kekerasan ($\times 10^{-8}$ mm/gr.dt ²)
T ₁	10	1,17 ^a	1,05 ^{x^y}
T ₂	14	1,44 ^a	0,76 ^x
T ₃	18	1,46 ^a	0,84 ^x
T ₄	22	2,32 ^{a^b}	1,36 ^y
T ₅	26	3,17 ^b	3,08 ^z

Keterangan : Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

Tabel 5.2 memperlihatkan laju susut berat terkecil diberikan oleh pisang dalam suhu simpan 10, 14 dan 18°C yang tidak berbeda nyata dengan pisang dalam suhu 22°C. Laju susut berat terbesar dihasilkan oleh pisang pada suhu 26°C yang tidak berbeda nyata dengan 22°C.

Sementara itu, pisang dalam suhu penyimpanan 14 dan 18 °C menunjukkan laju susut kekerasan terkecil yang tidak berbeda nyata jika dibandingkan dalam 10°C. Laju susut kekerasan terbesar yang berbeda nyata dengan lainnya dihasilkan oleh pisang dalam 26°C.

Semakin tinggi suhu penyimpanan (antara 10 sampai dengan 26°C), semakin meningkatkan laju susut berat pisang (dari 1,17 hingga 3,17 gr/hari). Namun, mula-mula laju susut kekerasan pisang mengalami penurunan dari $1,05 \times 10^{-8}$ menjadi $0,76 \times 10^{-8}$ mm/gr.dt² dan kemudian meningkat kembali dari $0,76 \times 10^{-8}$ menjadi $3,08 \times 10^{-8}$ mm/gr.dt², seperti terlihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4. Grafik hubungan suhu penyimpanan dengan laju susut berat dan laju perubahan nilai tekstur pisang *cavendish*

5.2.3. Susut berat dan kerusakan

Suhu memberikan pengaruh nyata sampai tingkat kuadratik terhadap susut berat dan sangat nyata sampai tingkat kuartik terhadap kerusakan pisang *cavendish*.

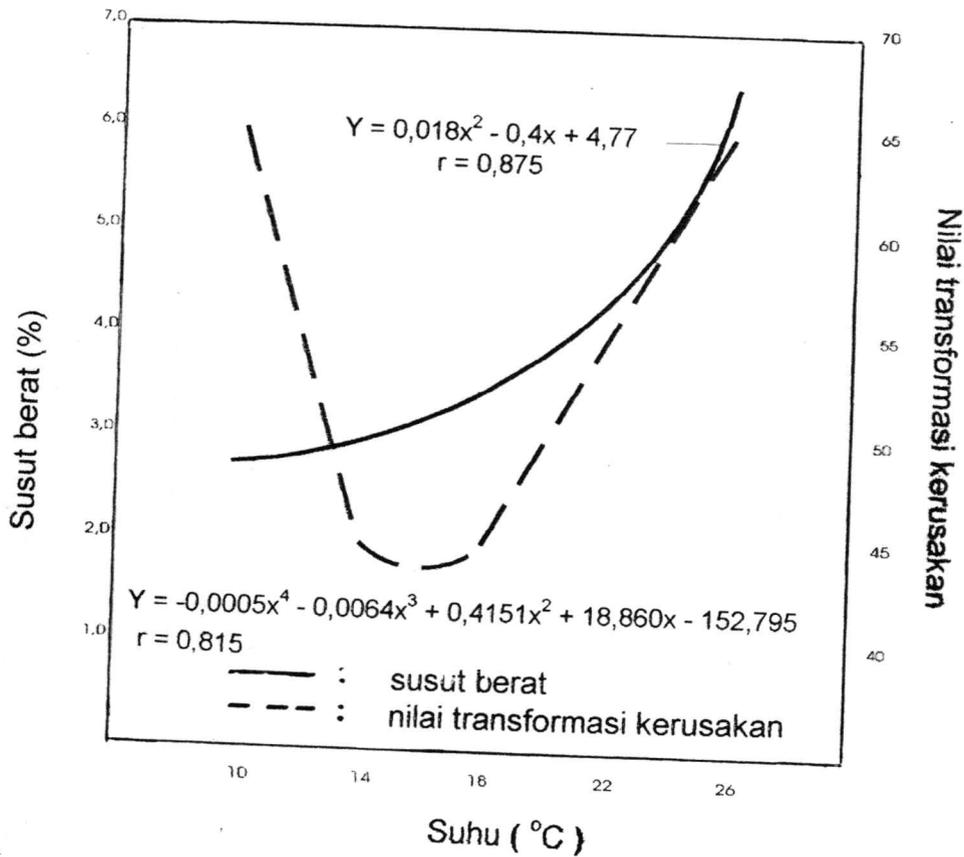
Susut berat terkecil ditunjukkan oleh pisang dalam suhu 10°C yang tidak berbeda nyata dengan 14°C . Susut berat terbesar yang berbeda nyata dengan lainnya diberikan oleh pisang dalam 26°C . Sementara itu, kerusakan pisang terbesar terjadi pada suhu penyimpanan 10 dan 26°C . Hal ini berbeda nyata dengan kerusakan terkecil yang diberikan oleh pisang pada suhu penyimpanan 14 maupun 18°C . Hal ini dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3. Pengaruh suhu penyimpanan terhadap susut berat dan nilai transformasi kerusakan pisang *cavendish*

Kode	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Susut berat setelah penyimpanan (%)	Kerusakan setelah penyimpanan	
			Persentase	Nilai Transformasi
T ₁	10	2,57 ^a	100	65,91 ^z
T ₂	14	3,07 ^{ab}	0	45,00 ^x
T ₃	18	3,40 ^b	0	45,00 ^x
T ₄	22	3,73 ^b	33,33	53,50 ^y
T ₅	26	6,50 ^c	100	65,91 ^z

Keterangan : Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

Semakin tinggi suhu penyimpanan (antara 10 sampai dengan 26°C), semakin meningkatkan susut berat pisang (dari 2,57 hingga 6,50 persen), tetapi mula-mula menurunkan kerusakan dari 100 menjadi 0 persen, yang dilanjutkan dengan peningkatan kerusakan pisang *cavendish* dari 0 menjadi 100 persen. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5. Grafik hubungan antara suhu penyimpanan pisang *cavendish* dengan susut berat dan nilai transformasi kerusakan

5.2.4. Skor warna dan lama pematangan

Berdasarkan Gambar 5.2 dan kerusakan pada Tabel 5.3 serta Anonymous (1978) yang menyebutkan kehilangan produksi pisang pada pasca panen sekitar 20 sampai dengan 80 persen, maka kerusakan dalam penanganan pasca panen di atas 20 persen dianggap tidak ekonomis. Oleh karena itu penentuan skor warna dan lama pematangan pisang hanya dilakukan pada kerusakan di bawah atau sama dengan 20 persen, seperti pada Tabel 5.4. Tabel tersebut menunjukkan bahwa

penyimpanan pada suhu 14 dan 18°C memberikan perbedaan skor warna dan lama pematangan pisang *cavendish* secara alami tetapi lama pematangan dengan CaC_2 tidak menunjukkan perbedaan satu dengan yang lain.

Tabel 5.4. Pengaruh suhu penyimpanan terhadap skor warna dan lama pematangan pisang *cavendish*

Kode	Suhu (°C)	Skor warna setelah penyimpanan	Lama pematangan (hari)	
			alami	dengan CaC_2
T ₁	10	-	-	-
T ₂	14	4,0 ^a	5,4 ^s	5 ^x
T ₃	18	4,6 ^b	5,0 ^r	5 ^x
T ₄	22	-	-	-
T ₅	26	-	-	-

Keterangan : * Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji T pada taraf 5 persen

* Tanda - berarti tidak diamati

5.2.5. Susut berat setelah pematangan

Pengukuran susut berat pematangan hanya dilakukan pada kerusakan di bawah atau sama dengan 20 persen. Tabel 5.5 menunjukkan bahwa pisang *cavendish* yang disimpan pada suhu 14 dan 18°C mempunyai susut berat yang berbeda satu dengan lainnya dalam uji kematangan secara alami. Namun demikian, susut beratnya setelah pematangan dengan menggunakan CaC_2 tidak menunjukkan perbedaan satu dengan lainnya.

Tabel 5.5. Pengaruh suhu penyimpanan terhadap susut berat setelah pematangan pisang *cavendish*

Kode	Suhu (°C)	Susut berat setelah pematangan (%)	
		Alami	dengan CaC ₂
T ₁	10	-	-
T ₂	14	6,19 ^a	1,14 ^r
T ₃	18	5,50 ^b	1,15 ^r
T ₄	22	-	-
T ₅	26	-	-

Keterangan : * Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji T pada taraf 5 persen
* Tanda - berarti tidak diamati

5.2.6. Kekerasan setelah pematangan

Kekerasan pisang ditunjukkan oleh nilai tekstur yang merupakan hasil pengukuran dengan penetrometer. Nilai tekstur semakin besar menunjukkan kekerasan yang semakin rendah (semakin lunak). Pengukuran nilai tekstur pisang *cavendish* setelah pematangan hanya dilakukan pada kerusakan di bawah atau sama dengan 20 persen.

Pisang *cavendish* yang disimpan pada suhu 14 dan 18°C memberikan nilai tekstur yang tidak berbeda satu dengan lainnya, baik setelah pematangan alami maupun dengan menggunakan CaC₂. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6. Pengaruh suhu penyimpanan terhadap nilai tekstur setelah pematangan pisang *cavendish*

Kode	Suhu (°C)	Nilai tekstur setelah pematangan (x 10 ⁻⁴ mm/gr.dt)	
		Alami	dengan CaC ₂
T ₁	10	-	-
T ₂	14	180,00 ^a	178,67 ^r
T ₃	18	179,67 ^a	179,00 ^r
T ₄	22	-	-
T ₅	26	-	-

Keterangan : * Angka yang didampingi dengan huruf yang sama (dalam kolom yang sama) adalah sama dalam uji T pada taraf 5 persen

* Tanda - berarti tidak diamati

5.2.7. Nilai matriks perkalian bobot dengan mutu

Nilai matriks perkalian antara bobot dengan mutu berfungsi untuk menentukan suhu penyimpanan pisang *cavendish* yang optimum. Cara perhitungannya dapat dilihat pada Lampiran 4. Pada perlakuan suhu penyimpanan, nilai ini berkisar antara 18,76 sampai dengan 18,84. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Nilai matriks terkecil pada perlakuan suhu penyimpanan memberikan suhu optimum untuk penyimpanan pisang *cavendish*. Dengan demikian suhu penyimpanan 14°C dengan nilai 18,76 dipilih sebagai suhu penyimpanan pisang *cavendish*.

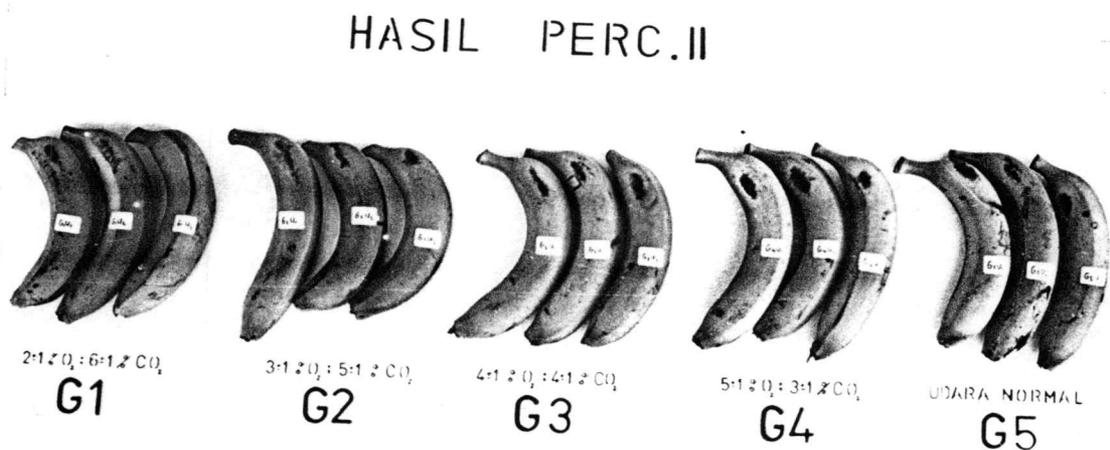
Tabel 5.7. Pengaruh suhu penyimpanan terhadap nilai matriks perkalian antara bobot dengan mutu pisang *cavendish*

Kode	Suhu (°C)	Nilai matriks perkalian bobot dengan mutu
T ₁	10	-
T ₂	14	18,76
T ₃	18	18,84
T ₄	22	-
T ₅	26	-

Keterangan : * Nilai matriks semakin kecil menunjukkan semakin baik
 • Tanda - berarti tidak dihitung

5.3. Percobaan II : Penentuan Daerah MA Pisang *Cavendish*

Percobaan II yang mempelajari pengaruh perpaduan gas terhadap pisang *cavendish* guna menentukan daerah MA, menunjukkan hasil seperti terlihat pada Gambar 5.6. Pengaruh terhadap variabel-variabel terikat lain akan dijelaskan berikut ini .



Gambar 5.6. Kenampakan pisang *cavendish* pada berbagai perpaduan gas setelah 8 hari penyimpanan

Keterangan : G1 sampai dengan G5 merupakan perlakuan perpaduan gas

5.3.1. Skor warna dan lama pematangan

Perpaduan gas memberikan pengaruh sangat nyata terhadap skor warna pisang dan lama pematangan alaminya tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap pematangannya dengan CaC_2 . Pengaruh ini menyebabkan pisang *cavendish* mempunyai skor warna antara 2,00 sampai dengan 4,33 dan lama pematangan alami antara 3,83 sampai dengan 6,67 hari serta pematangan dengan CaC_2 antara 3,00 sampai dengan 3,67 hari.

Pisang dalam perpaduan gas (2 ± 1 persen O_2 dan 6 ± 1 persen CO_2) maupun (3 ± 1 persen O_2 dan 5 ± 1 persen CO_2) memberikan skor warna terkecil yang berbeda nyata dengan skor warna dalam perpaduan gas (4 ± 1 persen O_2 dan 4 ± 1 persen CO_2), (5 ± 1 persen O_2 dan 3 ± 1 persen CO_2) serta udara normal. Sementara itu skor warna terbesar yang

Tabel 5.8. Pengaruh perpaduan gas penyimpanan terhadap skor warna, lama pematangan pisang *cavendish* secara alami maupun dengan CaC_2

Kode	Perpaduan Gas	Skor warna setelah penyimpanan	Lama pematangan (hari)	
			alami	dengan CaC_2
G ₁	($2 \pm 1\% \text{O}_2$; $6 \pm 1\% \text{CO}_2$)	2,17 ^a	6,33 ^s	3,67 ^x
G ₂	($3 \pm 1\% \text{O}_2$; $5 \pm 1\% \text{CO}_2$)	2,00 ^a	6,67 ^s	3,67 ^x
G ₃	($4 \pm 1\% \text{O}_2$; $4 \pm 1\% \text{CO}_2$)	3,00 ^b	4,67 ^r	3,33 ^x
G ₄	($5 \pm 1\% \text{O}_2$; $3 \pm 1\% \text{CO}_2$)	4,25 ^c	4,00 ^r	3,00 ^x
G ₅	udara normal	4,33 ^c	3,83 ^r	3,00 ^x

Keterangan : Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

berbeda dengan lainnya diberikan oleh pisang dalam (5 ± 1 persen O_2 dan 3 ± 1 persen CO_2) serta udara normal. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel tersebut juga menunjukkan bahwa pisang *cavendish* dalam perpaduan gas (2 ± 1 persen O_2 dan 6 ± 1 persen CO_2) maupun (3 ± 1 persen O_2 dan 5 ± 1 persen CO_2) mempunyai lama pematangan alami terpanjang yang berbeda nyata dengan lama pematangan alami terpendeknya dalam perpaduan gas (4 ± 1 persen O_2 dan 4 ± 1 persen CO_2), (5 ± 1 persen O_2 dan 3 ± 1 persen CO_2) maupun udara normal.

5.3.2. Kadar gula reduksi setelah penyimpanan dan pematangan

Perpaduan gas memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kadar gula reduksi pisang setelah penyimpanan, tetapi tidak berpengaruh terhadap pematangannya. Kisaran kadar gula reduksi adalah 1,25 sampai dengan 6,31 persen dalam penyimpanan. Sementara itu, kadar gula reduksi pisang setelah pematangan alami adalah 13,10 sampai dengan 13,32 persen dan antara 12,63 sampai dengan 12,94 persen untuk pematangan dengan CaC_2 .

Kadar gula reduksi terendah ditunjukkan oleh pisang *cavendish* dalam perpaduan gas (3 ± 1 persen O_2 dan 5 ± 1 persen CO_2) maupun (2 ± 1 persen O_2 dan 6 ± 1 persen CO_2) yang tidak berbeda nyata jika dibandingkan dengan pisang dalam perpaduan (4 ± 1 persen O_2 dan 4 ± 1 persen CO_2). Pisang dalam perpaduan gas (5 ± 1 persen O_2 dan

3±1 persen CO₂) maupun udara normal memperlihatkan kadar gula reduksi tertinggi yang tidak berbeda nyata dibanding pisang dalam perpaduan (4±1 persen O₂ dan 4±1 persen CO₂), seperti terlihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9. Pengaruh perpaduan gas terhadap kadar gula reduksi setelah penyimpanan dan pematangan pisang *cavendish*

Kode	Perpaduan Gas	Kadar gula reduksi setelah penyimpanan (%)	Kadar gula reduksi setelah pematangan (%)	
			alami	dengan CaC ₂
G ₁	(2±1%O ₂ ; 6±1%CO ₂)	2,18 ^a	13,31 ^r	12,78 ^x
G ₂	(3±1%O ₂ ; 5±1%CO ₂)	1,25 ^a	13,32 ^r	12,94 ^x
G ₃	(4±1%O ₂ ; 4±1%CO ₂)	3,61 ^{ab}	13,11 ^r	12,94 ^x
G ₄	(5±1%O ₂ ; 3±1%CO ₂)	5,31 ^b	13,10 ^r	12,67 ^x
G ₅	udara normal	6,31 ^b	13,32 ^r	12,63 ^x

Keterangan : Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

5.3.3. Susut berat setelah penyimpanan dan pematangan

Perpaduan gas berpengaruh sangat nyata terhadap susut berat setelah penyimpanan dan pematangan pisang *cavendish* secara alami, tetapi tidak memberikan pengaruh terhadap susut berat setelah pematangannya dengan menggunakan CaC₂.

Kisaran susut berat pisang setelah penyimpanan adalah 1,13 sampai dengan 2,66 persen, sedang susut beratnya setelah pematangan alami antara 6,16 sampai dengan 8,84 persen. Sementara

itu, susut beratnya setelah pematangan dengan CaC_2 adalah 1,18 sampai dengan 1,20 persen.

Pisang *cavendish* yang disimpan dalam perpaduan gas (2 ± 1 persen O_2 dan 6 ± 1 persen CO_2) maupun (3 ± 1 persen O_2 dan 5 ± 1 persen CO_2) memberikan susut berat terkecil yang tidak berbeda nyata ketika dibandingkan dalam perpaduan (4 ± 1 persen O_2 dan 4 ± 1 persen CO_2). Sementara itu susut berat terbesar yang berbeda nyata dengan lainnya ditunjukkan oleh pisang *cavendish* dalam udara normal, seperti terlihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10. Pengaruh perpaduan gas terhadap susut berat setelah penyimpanan dan pematangan pisang *cavendish*

Kode	Perpaduan Gas	Susut berat setelah penyimpanan (%)	Susut berat setelah pematangan (%)	
			alami	dengan CaC_2
G ₁	($2 \pm 1\% \text{O}_2$; $6 \pm 1\% \text{CO}_2$)	1,17 ^a	6,59 ^r	1,20 ^x
G ₂	($3 \pm 1\% \text{O}_2$; $5 \pm 1\% \text{CO}_2$)	1,13 ^a	8,84 ^s	1,19 ^x
G ₃	($4 \pm 1\% \text{O}_2$; $4 \pm 1\% \text{CO}_2$)	1,22 ^{ab}	6,26 ^r	1,18 ^x
G ₄	($5 \pm 1\% \text{O}_2$; $3 \pm 1\% \text{CO}_2$)	1,32 ^b	6,23 ^r	1,18 ^x
G ₅	udara normal	2,66 ^c	6,16 ^r	1,18 ^x

Keterangan : Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

Selain itu, pada tabel tersebut juga terlihat bahwa perpaduan gas (2 ± 1 persen O_2 dan 6 ± 1 persen CO_2), (4 ± 1 persen O_2 dan 4 ± 1 persen

CO₂), (5±1 persen O₂ dan 3±1 persen CO₂) maupun udara normal menghasilkan susut berat terkecil setelah pematangan pisang *cavendish* secara alami. Susut berat terbesar yang berbeda nyata dengan lainnya dihasilkan oleh pisang dalam perpaduan (3±1 persen O₂ dan 5±1 persen CO₂).

5.3.4. Kekerasan setelah penyimpanan dan pematangan

Perpaduan gas berpengaruh sangat nyata terhadap kekerasan pisang *cavendish* yang disimpan, tetapi tidak memberikan pengaruh terhadap pematangannya. Hal ini ditunjukkan oleh nilai teksturnya.

Nilai tekstur setelah pisang disimpan berkisar antara $42,33 \times 10^{-4}$ sampai dengan $139,50 \times 10^{-4}$ mm/gr.dt, sedangkan setelah pematangan alaminya berkisar antara $179,67 \times 10^{-4}$ sampai dengan $184,00 \times 10^{-4}$ mm/gr.dt. Sementara itu, pisang setelah pematangan dengan CaC₂ memberikan nilai tekstur antara $179,67 \times 10^{-4}$ sampai dengan $184,67 \times 10^{-4}$ mm/gr.dt.

Pisang setelah penyimpanan dalam perpaduan gas (2±1 persen O₂ dan 6±1 persen CO₂) maupun (3±1 persen O₂ dan 5±1 persen CO₂) memberikan nilai tekstur terkecil yang berbeda nyata dengan lainnya. Nilai tekstur terbesarnya diperlihatkan oleh pisang dalam udara normal yang tidak berbeda nyata jika dibandingkan dengan (5±1 persen O₂ dan 3±1 persen CO₂).

Tabel 5.11. Pengaruh perpaduan gas terhadap nilai tekstur setelah penyimpanan dan pematangan pisang *cavendish*

Kode	Perpaduan Gas	Nilai tekstur setelah penyimpanan ($\times 10^{-4}$ mm/gr.dt)	Nilai tekstur setelah pematangan ($\times 10^{-4}$ mm/gr.dt)	
			alami	dengan CaC_2
G ₁	(2+1%O ₂ ; 6+1%CO ₂)	50,67 ^a	181,00 ^f	182,00 ^x
G ₂	(3+1%O ₂ ; 5+1%CO ₂)	42,33 ^a	179,67 ^f	181,67 ^x
G ₃	(4+1%O ₂ ; 4+1%CO ₂)	89,33 ^b	184,00 ^f	179,67 ^x
G ₄	(5+1%O ₂ ; 3+1%CO ₂)	110,33 ^{bc}	180,00 ^f	184,67 ^x
G ₅	udara normal	139,50 ^c	181,67 ^f	182,67 ^x

Keterangan : Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

5.3.5. Nilai matriks perkalian bobot dengan mutu

Nilai matriks perkalian antara bobot dengan mutu pisang *cavendish* pada perlakuan perpaduan gas, dapat dilihat pada Tabel 5.12. Nilai ini berkisar antara 16,53 sampai dengan 27,30.

Tabel 5.12. Pengaruh perpaduan gas terhadap nilai matriks perkalian bobot dengan mutu pisang *cavendish*

Kode	Perpaduan Gas	Nilai matriks perkalian bobot dengan mutu
G ₁	(2+1%O ₂ ; 6+1%CO ₂)	17,37 ^a
G ₂	(3+1%O ₂ ; 5+1%CO ₂)	16,53 ^a
G ₃	(4+1%O ₂ ; 4+1%CO ₂)	21,34 ^b
G ₄	(5+1%O ₂ ; 3+1%CO ₂)	23,80 ^{bc}
G ₅	udara normal	27,30 ^c

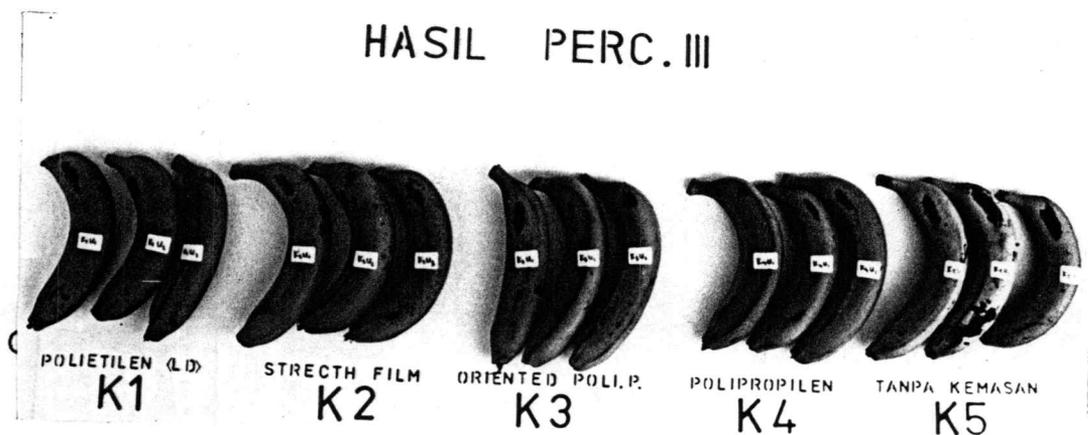
Keterangan : * Nilai matriks semakin kecil menunjukkan semakin baik
* Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

Tabel 5.12 memperlihatkan bahwa nilai matriks perkalian yang terkecil ditunjukkan oleh pisang dalam perpaduan gas (2 ± 1 persen O_2 dan 6 ± 1 persen CO_2) maupun (3 ± 1 persen O_2 dan 5 ± 1 persen CO_2). Sedangkan nilai terbesar diberikan oleh pisang dalam udara normal yang tidak berbeda nyata ketika dibandingkan dalam perpaduan gas (5 ± 1 persen O_2 dan 3 ± 1 persen CO_2).

Gunadnya (1990) dalam menentukan daerah MA adalah memilih perpaduan gas yang paling efektif menghambat laju respirasi tetapi mampu mempertahankan mutu terbaik dan juga perpaduan gas lain yang memberikan nilai tidak berbeda nyata dengan perpaduan gas tersebut. Oleh karena itu, daerah MA pisang cavendish adalah 1 sampai dengan 4 persen O_2 dan 4 sampai dengan 7 persen CO_2 .

5.4. Percobaan III : Pengaruh Jenis Kemasan terhadap Mutu Pisang Cavendish dan Konsentrasi Gas dalam Kemasan

Percobaan III yang mempelajari pengaruh jenis kemasan, menunjukkan hasil seperti terlihat pada Gambar 5.7. Pengaruh terhadap variabel-variabel terikat lain akan dijelaskan berikut ini.



Gambar 5.7. Kenampakan pisang *cavendish* pada berbagai jenis kemasan setelah 8 hari penyimpanan

Keterangan : K1 sampai dengan K5 merupakan perlakuan jenis kemasan

5.4.1. Skor warna dan lama pematangan

Jenis kemasan ternyata berpengaruh sangat nyata terhadap skor warna dan lama pematangan alami, tetapi tidak menunjukkan pengaruh terhadap pematangan pisang *cavendish* dengan menggunakan CaC_2 . Pengaruh ini memberikan skor warna pisang berkisar antara 2,16 sampai dengan 4,25 dan lama pematangan alami antara 3,83 sampai dengan 7,67 hari serta lama pematangan dengan CaC_2 antara 3,33 sampai dengan 4,00 hari, seperti terlihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13. Pengaruh jenis kemasan terhadap skor warna, lama pematangan pisang *cavendish* secara alami maupun dengan CaC_2

Kode	Kemasan	Skor warna setelah penyimpanan	Lama pematangan (hari)	
			alami	dengan CaC_2
K ₁	Polietilen densitas rendah	2,16 ^a	7,67 ^s	4,00 ^x
K ₂	<i>Streth film</i>	2,33 ^a	5,33 ^f	4,00 ^x
K ₃	<i>Oriented polypropilen</i>	3,33 ^b	4,00 ^f	3,33 ^x
K ₄	Polipropilen	2,50 ^a	4,67 ^f	3,67 ^x
K ₅	Tanpa kemasan	4,25 ^c	3,83 ^f	3,33 ^x

Keterangan : Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

Tabel 5.13 menunjukkan bahwa pisang *cavendish* yang dikemas dengan polietilen densitas rendah, *streth film* dan polipropilen memberikan skor warna terkecil yang berbeda nyata dengan lainnya. Skor terbesar yang berbeda secara nyata dengan lainnya diperlihatkan oleh pisang tanpa kemasan.

Sementara itu, lama pematangan alami terpanjang yang berbeda nyata dengan lainnya, ditunjukkan oleh pisang dengan kemasan polietilen densitas rendah. Sedangkan, pisang tanpa kemasan maupun yang dikemas dengan *stretch film*, *oriented polypropilen* dan polipropilen menghasilkan lama pematangan alami terpendek.

5.4.2. Kadar gula reduksi setelah penyimpanan dan pematangan

Jenis kemasan berpengaruh sangat nyata terhadap kadar gula reduksi pisang *cavendish* setelah penyimpanan, tetapi tidak memberikan pengaruh setelah pematangannya. Kadar gula reduksi berkisar antara 3,11 sampai dengan 6,99 persen setelah penyimpanan pisang dan 13,00 sampai dengan 13,56 persen setelah pematangan alaminya serta antara 12,71 sampai dengan 12,99 persen setelah pematangannya dengan CaC_2 .

Tabel 5.14. Pengaruh jenis kemasan terhadap kadar gula reduksi setelah penyimpanan dan pematangan pisang *cavendish*

Kode	Kemasan	Kadar gula reduksi setelah penyimpanan (%)	Kadar gula reduksi setelah pematangan (%)	
			alami	dengan CaC_2
K ₁	Polietilen densitas rendah	3,11 ^a	13,23 ^r	12,92 ^x
K ₂	<i>Stretch film</i>	3,28 ^a	13,56 ^r	12,95 ^x
K ₃	<i>Oriented polypropilen</i>	4,77 ^a	13,35 ^r	12,99 ^x
K ₄	Polipropilen	3,45 ^a	13,00 ^r	12,97 ^x
K ₅	Tanpa kemasan	6,99 ^b	13,26 ^r	12,71 ^x

Keterangan : Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

Tabel 5.14 menunjukkan bahwa pisang *cavendish* setelah penyimpanan dalam kemasan polietilen densitas rendah, *stretch film*, *oriented polypropilen* dan polipropilen memberikan kadar gula reduksi terendah. Hal ini berbeda nyata dengan kadar gula reduksi tertinggi yang diperlihatkan oleh pisang tanpa kemasan.

5.4.3. Susut berat setelah penyimpanan dan pematangan

Jenis kemasan menunjukkan pengaruh yang sangat nyata terhadap susut berat pisang *cavendish* setelah penyimpanan dan pematangan secara alami. Pengaruh ini justru tidak nampak pada susut berat setelah pematangan pisang dengan CaC_2 .

Kisaran susut berat pisang setelah penyimpanan adalah antara 3,16 sampai dengan 18,80 persen dan antara 6,10 sampai dengan 7,76 persen setelah pematangan alami serta antara 1,09 sampai dengan 1,17 persen setelah pematangan dengan CaC_2 .

Susut berat terkecil ditunjukkan oleh pisang yang disimpan dengan menggunakan kemasan polietilen densitas rendah, *stretch film*, *oriented polypropilen* dan polipropilen. Hal ini menunjukkan perbedaan nyata ketika dibandingkan dengan susut berat terbesar yang diberikan oleh pisang tanpa kemasan, yang dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Setelah pematangan alami, pisang *cavendish* yang dikemas dengan polietilen densitas rendah memperlihatkan susut berat terbesar yang berbeda nyata dengan lainnya. Susut berat terkecil diperlihatkan

oleh pisang dalam kemasan *oriented polypropilen*, polipropilen maupun tanpa kemasan yang menunjukkan perbedaan nyata dengan lainnya.

Tabel 5.15. Pengaruh jenis kemasan terhadap susut berat setelah penyimpanan dan pematangan pisang *cavendish*

Kode	Kemasan	Susut berat setelah penyimpanan (%)	Susut berat setelah pematangan (%)	
			alami	dengan CaC ₂
K ₁	Polietilen densitas rendah	3,16 ^a	7,76 ^t	1,16 ^x
K ₂	<i>Stretch film</i>	4,13 ^a	6,60 ^s	1,17 ^x
K ₃	<i>Oriented polypropilen</i>	6,03 ^a	6,25 ^r	1,09 ^x
K ₄	Polipropilen	4,12 ^a	6,21 ^r	1,16 ^x
K ₅	Tanpa kemasan	18,80 ^b	6,10 ^r	1,12 ^x

Keterangan : Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

5.4.4. Kekerasan setelah penyimpanan dan pematangan

Jenis kemasan ternyata berpengaruh sangat nyata terhadap kekerasan yang diperlihatkan oleh nilai tekstur pisang setelah penyimpanan tetapi tidak menunjukkan pengaruh setelah pematangannya. Kisaran nilai tekstur adalah $50,30 \times 10^{-4}$ sampai dengan $134,67 \times 10^{-4}$ mm/gr.dt setelah penyimpanan dan $179,67 \times 10^{-4}$ sampai dengan $184,33 \times 10^{-4}$ mm/gr.dt setelah pematangan alami serta $180,00 \times 10^{-4}$ sampai dengan $185,67 \times 10^{-4}$ mm/gr.dt setelah pematangan dengan CaC₂, seperti terlihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5.16. Pengaruh jenis kemasan terhadap nilai tekstur setelah penyimpanan dan pematangan pisang *cavendish*

Kode	Kemasan	Nilai tekstur setelah penyimpanan ($\times 10^{-4}$ mm/gr.dt)	Nilai tekstur setelah pematangan ($\times 10^{-4}$ mm/gr.dt)	
			alami	dengan CaC_2
K ₁	Polietilen densitas rendah	50,30 ^a	181,67 ^r	185,67 ^x
K ₂	<i>Strecth film</i>	53,00 ^a	185,67 ^r	184,00 ^x
K ₃	<i>Oriented polypropilen</i>	86,00 ^{ab}	181,00 ^r	180,00 ^x
K ₄	Polipropilen	56,00 ^a	179,67 ^r	183,67 ^x
K ₅	Tanpa kemasan	134,67 ^b	184,33 ^r	182,33 ^x

Keterangan : Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

Tabel 5.16 juga menunjukkan bahwa pisang setelah penyimpanan dalam kemasan polietilen densitas rendah, *strecth film* dan polipropilen memperlihatkan nilai tekstur terkecil yang tidak berbeda nyata dengan nilai yang diberikan oleh *oriented polypropilen*. Sedangkan pisang tanpa kemasan memberikan nilai tekstur terbesar yang tidak berbeda nyata dengan nilainya dalam kemasan *oriented polypropilen*.

5.4.5. Nilai matriks perkalian bobot dengan mutu

Nilai matriks perkalian bobot dengan mutu pisang *cavendish* pada perlakuan kemasan, seperti terlihat pada Tabel 5.17. Nilai ini berkisar antara 18,06 sampai dengan 28,32.

Tabel 5.17. Pengaruh jenis kemasan terhadap nilai matriks perkalian bobot dengan mutu pisang *cavendish*

Kode	Kemasan	Nilai matriks perkalian
K ₁	Polietilen densitas rendah	18,06
K ₂	<i>Stretch film</i>	18,16
K ₃	<i>Oriented polypropilen</i>	21,55
K ₄	Polipropilen	18,20
K ₅	Tanpa kemasan	28,32

Keterangan : Nilai matriks semakin kecil menunjukkan semakin baik

Nilai terkecil dari matriks perkalian bobot dengan mutu menunjukkan kemasan yang paling mampu menghambat laju respirasi tetapi tetap memberikan mutu terbaik. Oleh karena itu, polietilen densitas rendah dengan nilai matriks perkalian (bobot dengan mutu) terkecil yaitu 18,06 merupakan kemasan yang paling sesuai untuk pengemasan pisang *cavendish*.

Selain dengan cara ini, penentuan kemasan juga dilakukan dengan metode grafik (Mannapperuma *et al.*, 1989) yang menghubungkan daerah MA dan garis kemasan pada sub-sub bab 5.4.7.

5.4.6. Konsentrasi CO₂, O₂ dan kelembaban relatif dalam kemasan

Jenis kemasan berpengaruh sangat nyata terhadap konsentrasi CO₂, O₂ dan kelembaban relatif (RH) dalam kemasan. Kisaran konsentrasi CO₂ adalah 0,03 sampai dengan 4,34 persen dan konsentrasi O₂ adalah 16,21 sampai dengan 21,00 persen serta RH adalah 90,00 sampai dengan 96,00 persen.

Atmosfer pisang dalam kemasan polietilen densitas rendah, *oriented polypropilen* dan polipropilen mempunyai konsentrasi CO₂ terbesar yang berbeda nyata dengan lainnya. Konsentrasi CO₂ terkecil yang berbeda nyata dengan lainnya diberikan oleh atmosfer pisang tanpa kemasan. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 5.18.

Tabel 5.18. Pengaruh jenis kemasan terhadap konsentrasi CO₂, O₂ dan kelembaban relatif

Kode	Kemasan	Konsentrasi CO ₂ (%)	Konsentrasi O ₂ (%)	Kelembaban relatif (%)
K ₁	Polietilen densitas rendah	4,34 ^c	16,32 ^r	93,00 ^y
K ₂	<i>Strecth film</i>	2,54 ^b	17,71 ^s	90,33 ^x
K ₃	<i>Oriented polypropilen</i>	3,58 ^c	17,16 ^{rs}	95,00 ^z
K ₄	Polipropilen	4,11 ^c	16,21 ^r	96,00 ^z
K ₅	Tanpa kemasan	0,03 ^a	21,00 ^t	90,00 ^x

Keterangan : Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

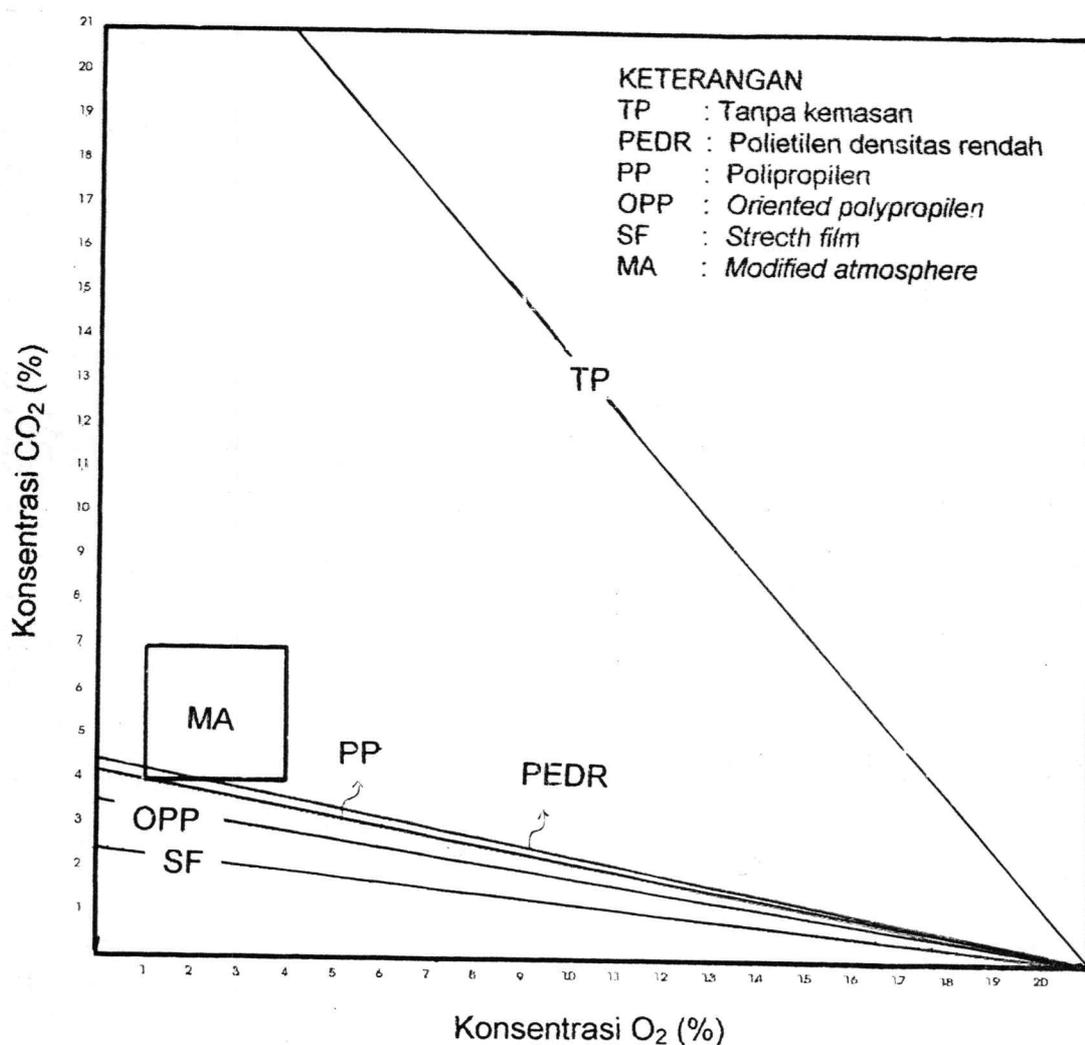
Sementara itu, konsentrasi O₂ terkecil diberikan oleh atmosfer pisang dalam kemasan polietilen densitas rendah dan polipropilen, yang tidak berbeda nyata dengan atmosfernya dalam *oriented polypropilen*. Konsentrasi O₂ terbesar yang berbeda nyata dengan lainnya diperlihatkan oleh atmosfer pisang tanpa kemasan.

Selain itu juga ditunjukkan bahwa kelembaban relatif terendah diperlihatkan oleh atmosfer pisang dalam *strecth film* dan tanpa kemasan. Hal ini berbeda nyata dengan kelembaban relatif dalam atmosfer pisang dengan menggunakan kemasan polietilen densitas rendah, *oriented*

polypropilen dan polipropilen. Sedangkan kelembaban relatif tertinggi yang berbeda nyata dengan lainnya diberikan oleh atmosfer pisang dengan kemasan *oriented polypropilen* dan polipropilen.

5.4.7. Penentuan kemasan

Hubungan daerah MA dan garis kemasan menentukan jenis kemasan yang sesuai untuk pisang *cavendish*. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.8.

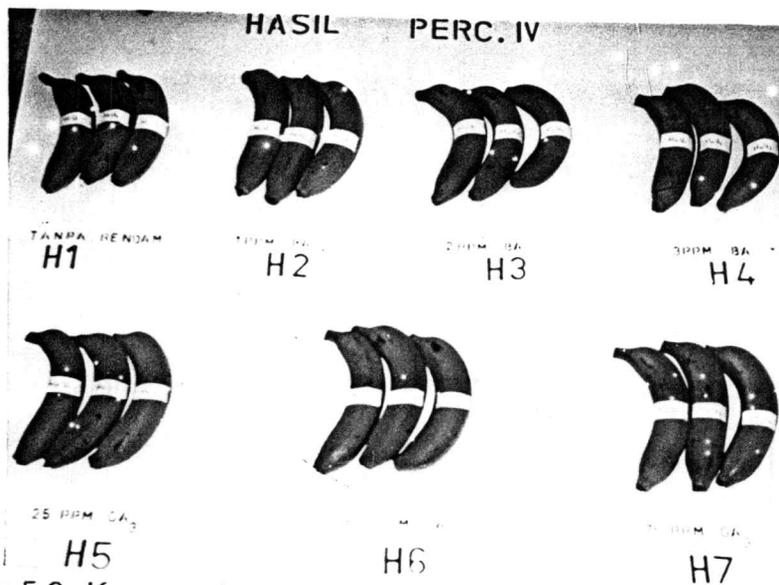


Gambar 5.8. Grafik hubungan daerah MA pisang *cavendish* dengan garis kemasan

Daerah MA pisang *cavendish* hanya dilalui garis kemasan polietilen densitas rendah dan disinggung oleh garis kemasan polipropilen. Oleh karena itu, polietilen densitas rendah dan polipropilen dapat digunakan mengemas pisang *cavendish*. Namun dari nilai matriks perkalian bobot dan mutu menunjukkan bahwa polietilen densitas rendah memberikan nilai terendah. Berdasarkan keduanya maka polietilen densitas rendah merupakan kemasan yang paling sesuai untuk pisang *cavendish*.

5.5. Percobaan IV : Penentuan Konsentrasi Media Perendaman dalam Bensiladenin maupun Asam giberelin

Percobaan IV yang mempelajari pengaruh konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin dan asam giberelin menunjukkan hasil seperti terlihat pada Gambar 5.9. Pengaruh terhadap variabel-variabel terikat lain akan dijelaskan berikut ini.



Gambar 5.9. Kenampakan pisang *cavendish* setelah 8 hari penyimpanan pada berbagai perlakuan konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin

Keterangan : H1 sampai dengan H7 menunjukkan perlakuan konsentrasi media perendaman

5.5.1. Skor warna dan lama pematangan

Konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin terlihat memberikan pengaruh nyata terhadap skor warna dan lama pematangan alami, tetapi tidak berpengaruh terhadap lama pematangan pisang *cavendish* dengan menggunakan CaC_2 .

Pisang mempunyai skor warna berkisar antara 2,00 sampai dengan 4,00 dan lama pematangan alami antara 4,00 sampai dengan 5,67 hari serta lama pematangan dengan CaC_2 antara 3,00 sampai dengan 3,67 hari.

Skor warna terkecil diberikan oleh pisang *cavendish* yang direndam dalam 2 ppm BA. Hal ini tidak berbeda nyata dengan pisang tanpa perendaman maupun yang direndam dalam 1, 3 ppm BA dan 25 ppm GA_3 . Sementara itu, skor warna terbesar ditunjukkan oleh pisang dalam perendam 75 ppm GA_3 , yang tidak berbeda nyata dengan perendaman dalam 3 ppm BA dan 50 ppm GA_3 , seperti yang terlihat pada Tabel 5.19.

Pisang *cavendish* tanpa perendaman maupun yang direndam dalam 1, 3 ppm BA, 25, 50 dan 75 ppm GA_3 mempunyai lama pematangan alami yang terpendek. Hal ini menunjukkan perbedaan nyata dengan lama pematangan alami terpanjang dari pisang yang direndam dalam 2 ppm BA.

Tabel 5.19. Pengaruh konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin terhadap skor warna dan lama pematangan pisang *cavendish* secara alami maupun dengan CaC_2

Kode	Konsentrasi media perendaman	skor warna setelah penyimpanan	Lama pematangan (hari)	
			alami	dengan CaC_2
H ₁	Tanpa perendaman	2,67 ^{ab}	4,67 ^r	3,67 ^x
H ₂	1 ppm BA	2,67 ^{ab}	4,67 ^r	3,33 ^x
H ₃	2 ppm BA	2,00 ^a	5,67 ^s	3,33 ^x
H ₄	3 ppm BA	3,00 ^{abc}	4,33 ^r	3,33 ^x
H ₅	25 ppm GA ₃	2,67 ^{ab}	4,33 ^r	3,33 ^x
H ₆	50 ppm GA ₃	3,67 ^{bc}	4,00 ^r	3,33 ^x
H ₇	75 ppm GA ₃	4,00 ^c	4,00 ^r	3,00 ^x

Keterangan : Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

5.5.2. Kadar gula reduksi setelah penyimpanan dan pematangan

Konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin menunjukkan pengaruh nyata terhadap kadar gula reduksi pisang *cavendish* setelah penyimpanan tetapi tidak berpengaruh setelah pematangannya.

Setelah penyimpanan, pisang mempunyai kadar gula reduksi antara 2,53 sampai dengan 5,20 persen. Sementara itu, setelah pematangan alami memberikan kadar gula reduksi antara 12,98 sampai dengan 13,75 persen dan antara 12,14 sampai dengan 13,01 persen setelah pematangan dengan CaC_2 , seperti terlihat pada Tabel 5.20.

Tabel 5.20. Pengaruh konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin terhadap kadar gula reduksi setelah penyimpanan dan pematangan pisang *cavendish*

Kode	Konsentrasi media perendaman	Kadar gula reduksi setelah penyimpanan (%)	Kadar gula reduksi setelah pematangan (%)	
			alami	dengan CaC ₂
H ₁	Tanpa perendaman	3,49 ^a	13,43 ^r	12,14 ^x
H ₂	1 ppm BA	3,52 ^a	13,08 ^r	12,34 ^x
H ₃	2 ppm BA	2,53 ^a	13,38 ^r	12,21 ^x
H ₄	3 ppm BA	3,44 ^a	13,45 ^r	13,01 ^x
H ₅	25 ppm GA ₃	3,53 ^a	12,98 ^r	12,42 ^x
H ₆	50 ppm GA ₃	4,70 ^b	13,75 ^r	12,28 ^x
H ₇	75 ppm GA ₃	5,20 ^b	13,03 ^r	12,56 ^x

Keterangan : Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

Tabel 5.20 juga menunjukkan bahwa kadar gula reduksi terendah diberikan oleh pisang tanpa perendaman maupun yang direndam dalam 1, 2, 3 ppm BA dan 25 ppm GA₃. Hal ini berbeda nyata dengan kadar gula reduksi tertinggi yang diperlihatkan oleh pisang dalam perendaman 50 dan 75 ppm GA₃.

5.5.3. Susut berat setelah penyimpanan dan pematangan

Konsentrasi media perendaman dalam hormon tumbuhan berpengaruh nyata terhadap susut berat pisang *cavendish* setelah penyimpanan dan sangat nyata terhadap susut berat setelah

pematangannya secara alami. Sementara itu, konsentrasi media perendaman justru tidak menunjukkan pengaruh terhadap susut berat setelah pematangannya dengan menggunakan CaC_2 .

Setelah penyimpanan, susut berat terkecil ditunjukkan oleh pisang tanpa perendaman maupun yang direndam dalam 1, 2, 3 ppm BA, 25 dan 50 ppm GA_3 . Hal ini berbeda nyata dengan susut berat terbesar yang diberikan oleh pisang dalam 75 ppm GA_3 .

Tabel 5.21. Pengaruh konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin terhadap susut berat setelah penyimpanan dan pematangan pisang *cavendish*

Kode	Konsentrasi media perendaman	Susut berat setelah penyimpanan (%)	Susut berat setelah pematangan (%)	
			alami	dengan CaC_2
H ₁	Tanpa perendaman	1,64 ^a	10,06 ^{rs}	1,07 ^x
H ₂	1 ppm BA	1,61 ^a	10,05 ^{rs}	1,05 ^x
H ₃	2 ppm BA	1,60 ^a	11,44 ^s	1,05 ^x
H ₄	3 ppm BA	1,69 ^a	8,73 ^r	1,15 ^x
H ₅	25 ppm GA_3	1,63 ^a	8,80 ^r	1,13 ^x
H ₆	50 ppm GA_3	1,64 ^a	8,72 ^r	1,19 ^x
H ₇	75 ppm GA_3	2,23 ^b	8,72 ^r	1,11 ^x

Keterangan : Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

Tabel 5.21 juga menunjukkan bahwa setelah pematangan secara alami, susut berat terbesar diberikan oleh pisang dalam perendaman 2 ppm BA yang tidak berbeda nyata jika dibandingkan dengan pisang

dalam 1 ppm BA maupun tanpa perendaman. Sedangkan susut berat terkecil ditunjukkan oleh pisang dalam 3 ppm BA, 25, 50, 75 ppm GA₃ yang tidak berbeda nyata jika dibandingkan dengan pisang dalam 1 ppm BA maupun tanpa perendaman.

5.5.4. Kekerasan daging buah setelah penyimpanan dan pematangan

Konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin terlihat memberikan pengaruh nyata terhadap kekerasan daging buah pisang *cavendish* setelah disimpan, yang ditunjukkan oleh nilai teksturnya. Sementara itu, pengaruhnya tidak nyata terhadap nilai tekstur setelah pematangannya.

Nilai tekstur daging buah pisang berkisar antara $40,00 \times 10^{-4}$ sampai dengan $93,67 \times 10^{-4}$ mm/gr.dt setelah penyimpanan dan antara $178,00 \times 10^{-4}$ sampai dengan $183,33 \times 10^{-4}$ mm/gr.dt setelah pematangan alami serta $175,00 \times 10^{-4}$ sampai dengan $179,33 \times 10^{-4}$ mm/gr.dt setelah pematangan dengan CaC₂, seperti terlihat pada Tabel 5.22.

Pisang *cavendish* dalam perendaman 2 ppm BA memberikan nilai tekstur terkecil yang tidak berbeda nyata jika dibandingkan dengan tanpa perendaman maupun dalam perendaman 1 ppm BA, 25 dan 50 ppm GA₃. Nilai tekstur terbesar diberikan oleh pisang dalam perendaman 3 ppm BA dan 75 ppm GA₃ yang tidak berbeda nyata jika dibandingkan tanpa perendaman maupun yang direndam dalam 1 ppm BA, 25, 50 ppm GA₃ yang dapat dilihat pada Tabel 5.22.

Tabel 5.22. Pengaruh konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin terhadap nilai tekstur daging buah setelah penyimpanan dan pematangan pisang *cavendish*

Kode	Konsentrasi media perendaman	Nilai tekstur daging buah setelah penyimpanan ($\times 10^{-4}$ mm/gr.dt)	Nilai tekstur daging buah setelah pematangan ($\times 10^{-4}$ mm/gr.dt)	
			alami	dengan CaC_2
H ₁	Tanpa perendaman	60,33 ^{ab}	181,67 ^r	175,00 ^x
H ₂	1 ppm BA	64,00 ^{ab}	178,00 ^r	177,00 ^x
H ₃	2 ppm BA	40,00 ^a	180,67 ^r	179,33 ^x
H ₄	3 ppm BA	76,33 ^b	179,33 ^r	176,67 ^x
H ₅	25 ppm GA ₃	58,67 ^{ab}	180,00 ^r	176,33 ^x
H ₆	50 ppm GA ₃	72,67 ^{ab}	182,33 ^r	178,67 ^x
H ₇	75 ppm GA ₃	93,67 ^b	183,33 ^r	177,33 ^x

Keterangan : Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

5.5.5. Kekerasan kulit buah setelah penyimpanan dan pematangan

Konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin menunjukkan pengaruh nyata terhadap kekerasan kulit buah pisang *cavendish* setelah penyimpanan, yang dinyatakan oleh nilai teksturnya. Namun konsentrasi perendaman ini tidak berpengaruh terhadap kekerasan kulit buah setelah pematangan alami maupun dengan CaC_2 .

Setelah penyimpanan, pisang mempunyai nilai tekstur berkisar antara $13,67 \times 10^{-4}$ sampai dengan $30,00 \times 10^{-4}$ mm/gr.dt. Setelah

pematangan alami, nilai tekstur pisang berkisar antara $63,33 \times 10^{-4}$ sampai dengan $66,67 \times 10^{-4}$ mm/gr.dt dan antara $62,67 \times 10^{-4}$ sampai dengan $66,33 \times 10^{-4}$ mm/gr.dt setelah pematangan dengan CaC_2 , seperti terlihat pada Tabel 5.23.

Tabel 5.23. Pengaruh konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin terhadap nilai tekstur kulit buah setelah penyimpanan dan pematangan pisang *cavendish*

Kode	Konsentrasi media perendaman	Nilai tekstur kulit buah setelah penyimpanan ($\times 10^{-4}$ mm/gr.dt)	Nilai tekstur kulit buah setelah pematangan ($\times 10^{-4}$ mm/gr.dt)	
			alami	dengan CaC_2
H ₁	Tanpa perendaman	18,33 ^a	64,33 ^r	66,33 ^x
H ₂	1 ppm BA	18,00 ^a	65,33 ^r	64,00 ^x
H ₃	2 ppm BA	13,67 ^a	65,67 ^r	65,67 ^x
H ₄	3 ppm BA	19,33 ^a	66,67 ^r	62,67 ^x
H ₅	25 ppm GA ₃	16,67 ^a	65,00 ^r	63,33 ^x
H ₆	50 ppm GA ₃	20,33 ^a	63,33 ^r	64,67 ^x
H ₇	75 ppm GA ₃	30,00 ^b	65,33 ^r	64,67 ^x

Keterangan : Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

Tabel 5.23 juga memperlihatkan bahwa setelah penyimpanan, pisang tanpa perendaman maupun yang direndam dalam 1, 2, 3 ppm BA, 25, 50 ppm GA₃ memberikan nilai tekstur terkecil. Hal ini berbeda nyata dengan nilai tekstur terbesar yang diberikan oleh pisang dalam perendaman 75 ppm GA₃.

5.5.6. Nilai matriks perkalian bobot dengan mutu

Nilai matriks perkalian antara bobot dengan mutu pisang *cavendish* pada perlakuan konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin, seperti terlihat pada Tabel 5.24. Nilai ini berkisar antara 18,13 sampai dengan 22,01.

Nilai matriks perkalian terkecil menunjukkan konsentrasi media perendaman dalam hormon tumbuhan yang paling menghambat laju respirasi, tetapi tetap memberikan mutu terbaik. Oleh karena itu, perendaman dalam 2 ppm BA dengan nilai 18,13 dipilih sebagai konsentrasi media perendaman terbaik (efektif).

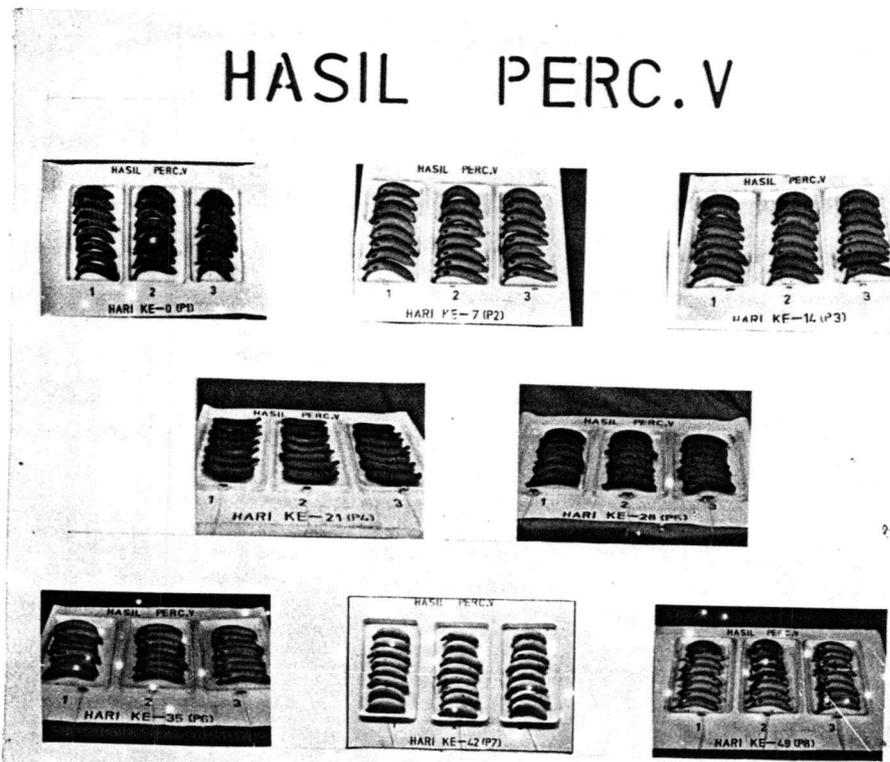
Tabel 5.24. Pengaruh konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin terhadap nilai matriks perkalian antara bobot dengan mutu pisang *cavendish*

Kode	Konsentrasi media perendaman	Nilai matriks perkalian
H ₁	Tanpa perendaman	19,42
H ₂	1 ppm BA	19,46
H ₃	2 ppm BA	18,13
H ₄	3 ppm BA	20,14
H ₅	25 ppm GA ₃	19,03
H ₆	50 ppm GA ₃	20,33
H ₇	75 ppm GA ₃	22,01

Keterangan : Nilai matriks semakin kecil semakin baik

5.6. Percobaan V : Penentuan Masa Simpan Maksimum Pisang *Cavendish*

Percobaan V yang mempelajari pengaruh lama penyimpanan pisang, menunjukkan hasil seperti terlihat pada Gambar 5.10. Perubahan terhadap variabel-variabel terikat lain akan dijelaskan berikut ini.



Gambar 5.10. Perubahan pisang *cavendish* selama penyimpanan

Keterangan : Hari ke-0 sampai dengan ke-49 menunjukkan perlakuan lama penyimpanan

5.6.1. Skor warna dan lama pematangan

Lama penyimpanan memberikan pengaruh sangat nyata sampai tingkat kubik terhadap skor warna dan hanya tingkat linier terhadap lama

pematangan secara alami, tetapi tidak berpengaruh terhadap lama pematangan pisang *cavendish* dengan menggunakan CaC_2 .

Pisang *cavendish* dalam penyimpanan 0 hari mempunyai skor warna terkecil yang tidak berbeda nyata bila dibanding dalam penyimpanan 7, 14, 21 dan 28 hari. Sementara itu skor warna terbesar yang berbeda nyata dengan lainnya, diberikan oleh pisang dalam penyimpanan 49 hari, seperti terlihat pada Tabel 5.25.

Tabel 5.25. Pengaruh lama penyimpanan terhadap skor warna dan lama pematangan pisang *cavendish*

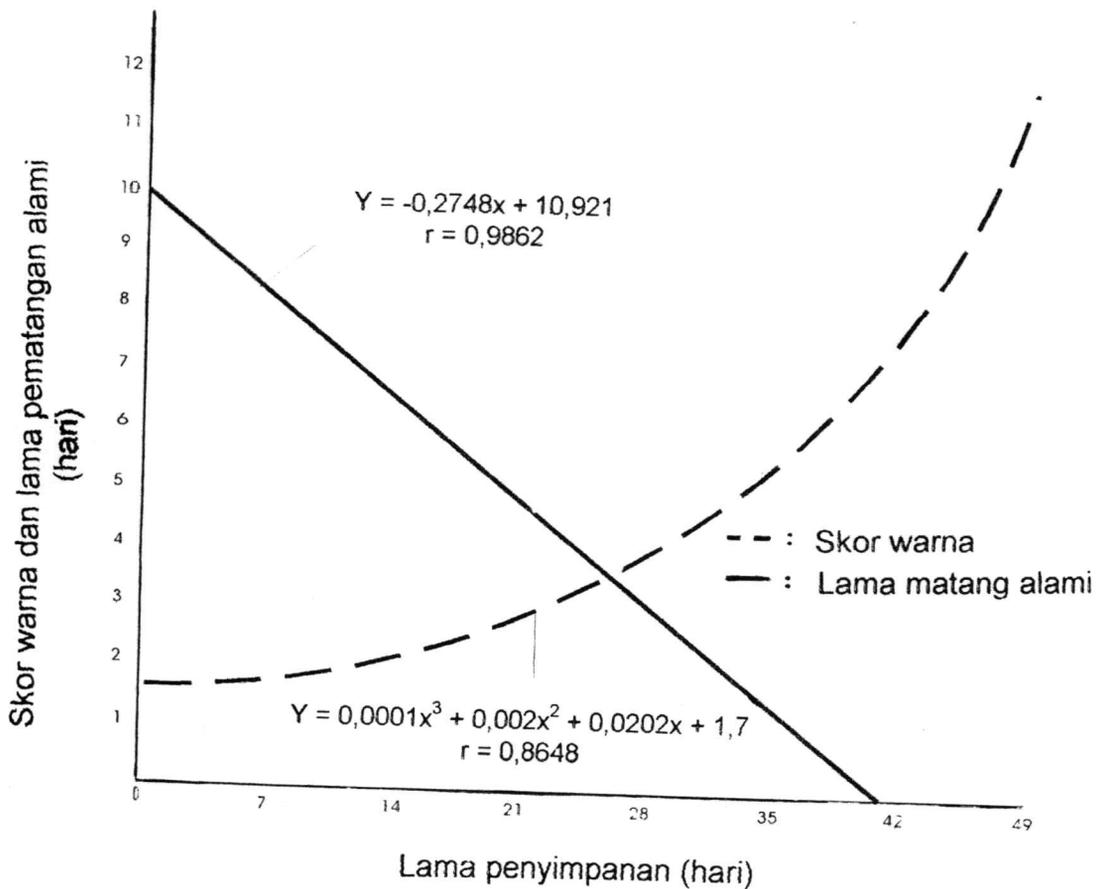
Kode	Lama penyimpanan (hari)	Skor warna setelah penyimpanan	Lama pematangan (hari)	
			alami	dengan CaC_2
P ₁	0	1,00 ^a	11,00 ^u	3,33 ^x
P ₂	7	3,00 ^{ab}	9,00 ^{tu}	3,00 ^x
P ₃	14	3,00 ^{ab}	7,67 ^t	2,67 ^x
P ₄	21	3,17 ^{ab}	4,33 ^s	2,67 ^x
P ₅	28	3,33 ^{ab}	2,67 ^{rs}	2,33 ^x
P ₆	35	4,50 ^{bc}	2,00 ^r	2,33 ^x
P ₇	42	7,00 ^c	-	-
P ₈	49	12,00 ^d	-	-

Keterangan : * Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

* Tanda - berarti tidak diamati

Sementara itu, lama pematangan alami terpanjang diberikan oleh pisang dalam penyimpanan 0 hari yang tidak berbeda nyata jika

dibandingkan dengan pisang dalam 7 hari. Lama pematangan alami terpendek diperlihatkan oleh pisang dalam penyimpanan 35 hari yang tidak berbeda nyata jika dibandingkan dengan 28 hari.



Gambar 5.11. Grafik hubungan antara lama penyimpanan dengan skor warna dan lama pematangan pisang *cavendish* secara alami

Gambar 5.11 menunjukkan bahwa lama penyimpanan semakin panjang (antara 0 sampai dengan 49 hari), semakin meningkatkan skor warna pisang *cavendish* yang berkisar antara 1,00 sampai dengan 12,00. Namun demikian, menurunkan lama (waktu) pematangan pisang *cavendish* secara alami yang semula 11 menjadi 2 hari.

5.6.2. Kadar gula reduksi dan total gula

Lama penyimpanan memberikan pengaruh sangat nyata pada tingkat linier terhadap kadar gula reduksi dan total gula pisang *cavendish*. Pengaruh lama penyimpanan terhadap kadar gula reduksi dapat dilihat pada Tabel 5.26.

Tabel 5.26. Pengaruh lama penyimpanan terhadap kadar gula reduksi setelah penyimpanan dan pematangan pisang *cavendish*

Kode	Lama penyimpanan (hari)	Kadar gula reduksi setelah penyimpanan (%)	Kadar gula reduksi setelah pematangan (%)	
			alami	dengan CaC ₂
P ₁	0	1,11 ^a	15,04 ^f	14,89 ^x
P ₂	7	2,50 ^{ab}	15,11 ^f	14,59 ^x
P ₃	14	3,10 ^{ab}	13,91 ^f	13,88 ^x
P ₄	21	3,75 ^{bc}	13,71 ^f	14,83 ^x
P ₅	28	5,13 ^c	14,38 ^f	15,03 ^x
P ₆	35	8,00 ^d	13,99 ^f	14,24 ^x
P ₇	42	13,76 ^e	-	-
P ₈	49	7,51 ^d	-	-

Keterangan : * Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

- Tanda - berarti tidak diamati

Tabel 5.26 juga menunjukkan bahwa kadar gula reduksi terendah diberikan oleh pisang dalam penyimpanan 0 hari yang tidak berbeda nyata jika dibandingkan dengan penyimpanannya dalam 7 dan 14 hari. Sedangkan, kadar gula reduksi tertinggi yang tidak berbeda nyata dengan lainnya diperlihatkan oleh pisang dalam penyimpanan 42 hari.

Sementara itu, kadar total gula terkecil diberikan oleh pisang *cavendish* dalam penyimpanan 0 hari, yang tidak berbeda nyata dengan 7 dan 14 hari. Kadar total gula terbesar yang berbeda nyata dengan lainnya diberikan oleh pisang dalam penyimpanan 42 hari, seperti terlihat pada Tabel 5.27.

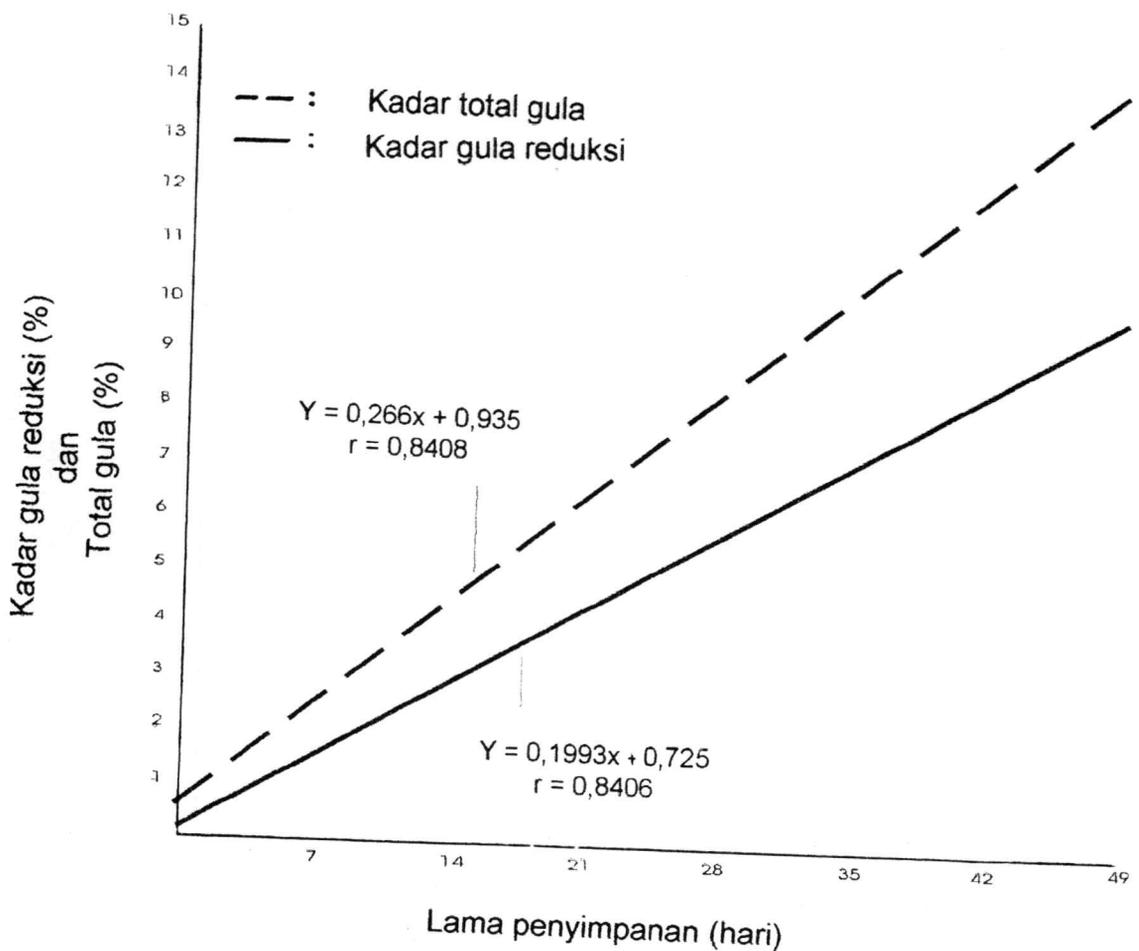
Tabel 5.27. Pengaruh lama penyimpanan terhadap kadar total gula setelah penyimpanan dan pematangan pisang *cavendish*

Kode	Lama penyimpanan (hari)	Kadar total gula setelah penyimpanan (%)	Kadar total gula setelah pematangan (%)	
			alami	dengan CaC ₂
P ₁	0	1,48 ^a	19,00 ^r	18,67 ^x
P ₂	7	3,33 ^{ab}	19,00 ^r	18,50 ^x
P ₃	14	4,00 ^{ab}	19,67 ^r	19,37 ^x
P ₄	21	5,00 ^{bc}	18,67 ^r	20,00 ^x
P ₅	28	6,83 ^c	18,33 ^r	20,00 ^x
P ₆	35	10,67 ^d	18,67 ^r	18,00 ^x
P ₇	42	18,33 ^e	-	-
P ₈	49	10,00 ^d	-	-

Keterangan : * Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

- Tanda - berarti tidak diamati

Lama penyimpanan pisang *cavendish* semakin panjang (antara 0 sampai dengan 49 hari), semakin meningkatkan kadar gula reduksi (antara 1,11 sampai dengan 13,76 persen) dan kadar total gula (antara 1,48 sampai dengan 18,33 persen), seperti terlihat pada Gambar 5.12.



Gambar 5.12. Grafik hubungan antara lama penyimpanan dengan kadar gula reduksi dan total gula pisang *cavendish*

5.6.3. Kadar total asam dan pH

Lama penyimpanan berpengaruh sangat nyata hanya sampai tingkat linier terhadap kadar total asam dan sampai tingkat kuadratik terhadap pH pisang *cavendish*.

Lama penyimpanan 0 dan 7 hari menyebabkan pisang *cavendish* mempunyai kadar total asam terendah yang tidak berbeda nyata dengan penyimpanannya dalam 14 maupun 21 hari. Kadar total asam tertinggi diperlihatkan oleh pisang dalam penyimpanan 42 hari yang tidak menunjukkan perbedaan dengan 35 hari, seperti terlihat pada Tabel 5.28.

Tabel 5.28. Pengaruh lama penyimpanan terhadap kadar total asam setelah penyimpanan dan pematangan pisang *cavendish*

Kode	Lama penyimpanan (hari)	Kadar total asam setelah penyimpanan (%)	Kadar total asam setelah pematangan (%)	
			alami	dengan CaC ₂
P ₁	0	2,23 ^a	7,47 ^r	7,82 ^x
P ₂	7	2,68 ^a	8,43 ^r	7,50 ^x
P ₃	14	3,13 ^{ab}	9,02 ^r	8,65 ^x
P ₄	21	3,35 ^{ab}	7,15 ^r	8,33 ^x
P ₅	28	4,47 ^{bc}	8,04 ^r	8,59 ^x
P ₆	35	6,70 ^{de}	7,86 ^r	7,70 ^x
P ₇	42	7,89 ^e	-	-
P ₈	49	5,11 ^{cd}	-	-

Keterangan : * Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

* Tanda - berarti tidak diamati

Sementara itu, pisang dalam penyimpanan 0 hari memberikan pH tertinggi yang berbeda nyata dengan lainnya. Sedangkan pH terendah yang juga berbeda nyata dengan lainnya diperlihatkan oleh pisang dalam penyimpanan 42 hari. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 5.29.

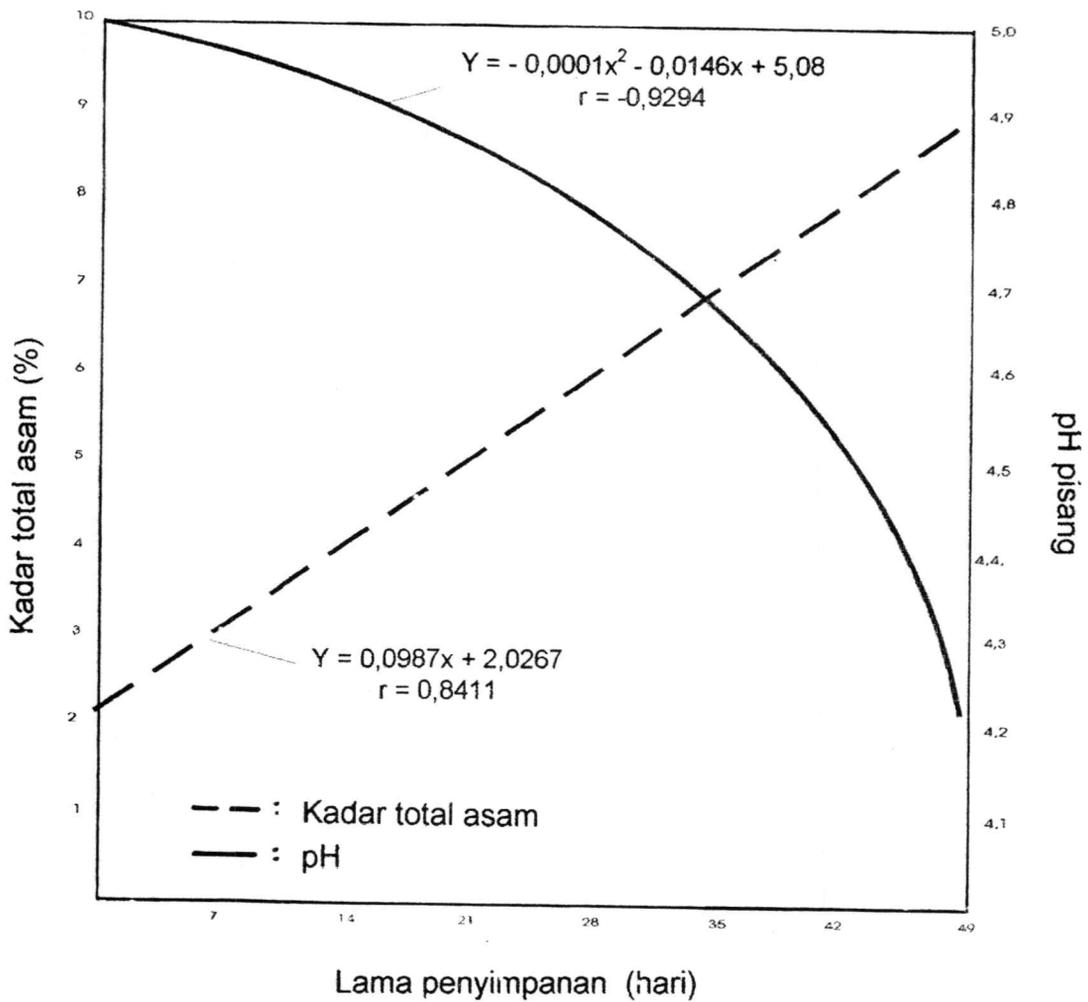
Tabel 5.29. Pengaruh lama penyimpanan terhadap pH setelah penyimpanan dan pematangan pisang *cavendish*

Kode	Lama penyimpanan (hari)	pH setelah penyimpanan	pH setelah pematangan	
			alami	dengan CaC_2
P ₁	0	5,08 ^f	4,10 ^r	4,14 ^x
P ₂	7	4,92 ^e	4,12 ^r	4,11 ^x
P ₃	14	4,86 ^{de}	4,15 ^r	4,19 ^x
P ₄	21	4,82 ^{de}	4,01 ^r	3,99 ^x
P ₅	28	4,77 ^d	4,07 ^r	4,10 ^x
P ₆	35	4,62 ^c	3,95 ^r	4,00 ^x
P ₇	42	4,16 ^a	-	-
P ₈	49	4,29 ^b	-	-

Keterangan : * Angka yang didampangi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

* Tanda - berarti tidak diamati

Selain itu, Lama penyimpanan semakin panjang (antara 0 sampai dengan 49 hari), semakin meningkatkan kadar total asam (antara 2,33 sampai dengan 7,89 persen) tetapi menurunkan pH pisang *cavendish* yang semula 5,08 menjadi 4,16. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.13.



Gambar 5.13. Grafik hubungan antara lama penyimpanan dengan kadar total asam dan pH pisang *cavendish*

5.6.4. Total padatan terlarut dan kadar tanin

Lama penyimpanan berpengaruh sangat nyata pada tingkat linier terhadap total padatan terlarut dalam pisang *cavendish*. Pengaruh tersebut juga terjadi terhadap kadar taninnya.



Total padatan terlarut terkecil ditunjukkan oleh pisang *cavendish* yang disimpan 0 hari. Nilai ini tidak berbeda nyata ketika dibandingkan dengan pisang dalam penyimpanan 7 dan 14 hari. Sedangkan, total padatan terlarut terbesar yang berbeda nyata dengan lainnya, diperlihatkan oleh pisang *cavendish* dalam penyimpanan 42 hari, seperti terlihat pada Tabel 5.30.

Tabel 5.30. Pengaruh lama penyimpanan terhadap total padatan terlarut setelah penyimpanan dan pematangan pisang *cavendish*

Kode	Lama penyimpanan (hari)	Total padatan terlarut setelah penyimpanan (° Brix)	Total padatan terlarut setelah pematangan (° Brix)	
			alami	dengan CaC ₂
P ₁	0	2,67 ^a	22,00 ^r	21,33 ^x
P ₂	7	5,33 ^{ab}	21,33 ^r	21,00 ^x
P ₃	14	5,33 ^{ab}	20,33 ^r	21,67 ^x
P ₄	21	7,67 ^{bc}	19,67 ^r	20,33 ^x
P ₅	28	9,67 ^c	21,33 ^r	21,33 ^x
P ₆	35	15,67 ^d	21,00 ^r	21,67 ^x
P ₇	42	21,67 ^e	-	-
P ₈	49	15,00 ^d	-	-

Keterangan : * Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

* Tanda - berarti tidak diamati

Sementara itu, penyimpanan pisang *cavendish* dalam 0 dan 7 hari menunjukkan kadar tanin tertinggi yang tidak berbeda nyata dengan

penyimpanannya dalam 14 dan 21 hari. Kadar tanin terendah diperlihatkan oleh 35, 42 dan 49 hari yang tidak berbeda nyata ketika dibandingkan dengan pisang dalam 28 hari, seperti terlihat pada Tabel 5.31.

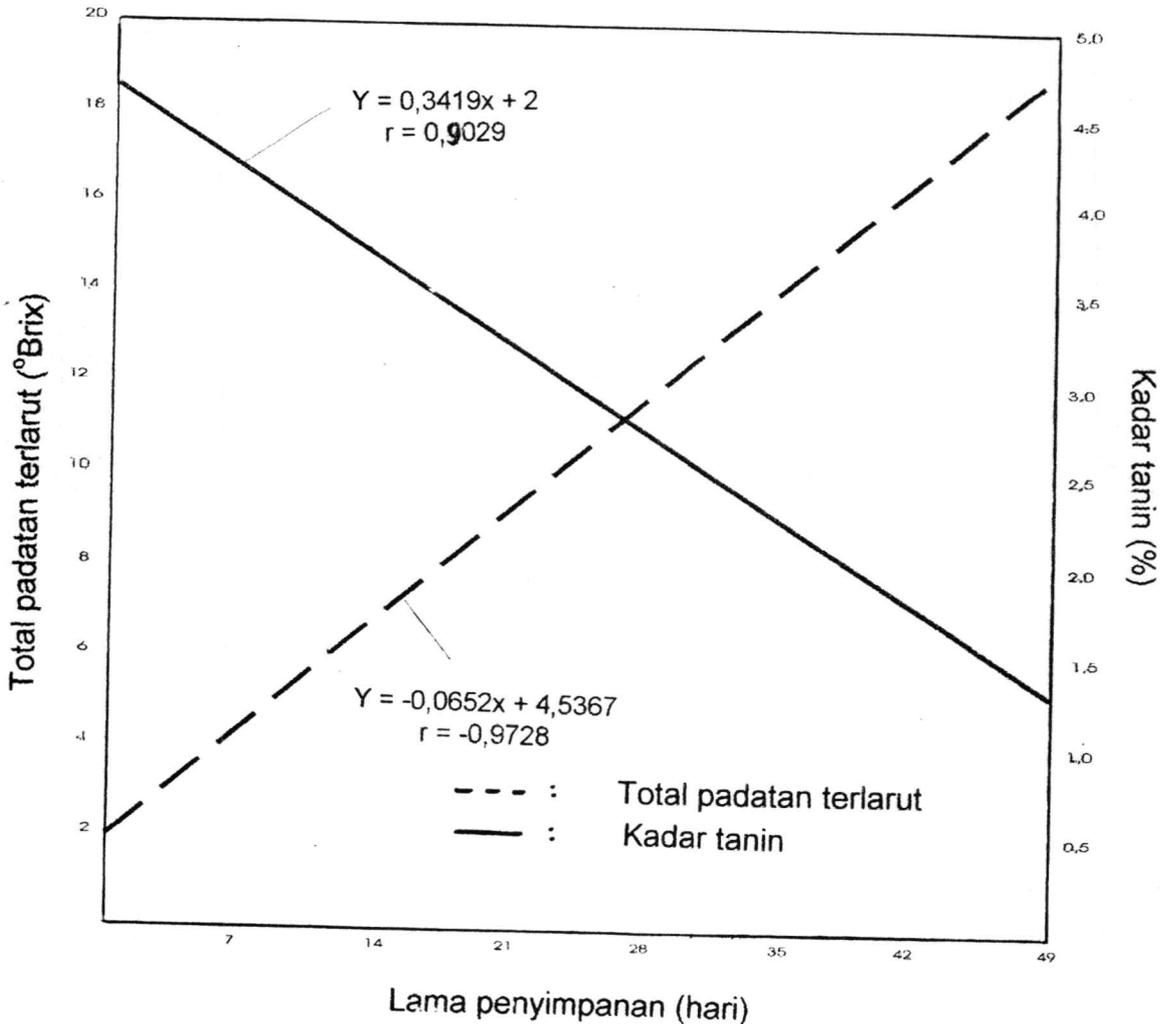
Tabel 5.31. Pengaruh lama penyimpanan terhadap kadar tanin setelah penyimpanan dan pematangan pisang *cavendish*

Kode	Lama penyimpanan (hari)	Kadar tanin setelah penyimpanan (%)	Kadar tanin setelah pematangan (%)	
			alami	dengan CaC ₂
P ₁	0	4,83 ^c	1,82 ^r	1,73 ^x
P ₂	7	3,85 ^c	1,73 ^r	1,91 ^x
P ₃	14	3,53 ^{bc}	1,73 ^r	1,39 ^x
P ₄	21	3,47 ^{bc}	1,04 ^r	1,39 ^x
P ₅	28	2,43 ^{ab}	1,21 ^r	1,56 ^x
P ₆	35	2,00 ^a	1,12 ^r	1,21 ^x
P ₇	42	1,73 ^a	-	-
P ₈	49	1,67 ^a	-	-

Keterangan : * Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan terhadap taraf 5 persen

- Tanda - berarti tidak diamati

Semakin lama penyimpanan pisang *cavendish* (antara 0 sampai dengan 49 hari), semakin meningkatkan total padatan terlarut (antara 2,67 sampai dengan 21,67° Brix) sebaliknya semakin menurunkan kadar tanin yang semula 4,83 menjadi 1,67 persen. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.14.



Gambar 5.14. Grafik hubungan antara lama penyimpanan dengan total padatan terlarut dan kadar tanin pisang *cavendish*

5.6.5. Rasio gula / asam dan rasio berat daging / kulit

Lama penyimpanan menunjukkan pengaruh sangat nyata pada tingkat linier terhadap rasio gula / asam pisang *cavendish* yang disimpan. Pengaruh ini juga terjadi pada rasio daging / kulit pisang yang disimpan maupun dimatangkan secara alami. Namun demikian, lama penyimpanan tidak berpengaruh terhadap rasio gula / asam dalam pematangan. Hal

serupa juga terjadi terhadap rasio berat daging / kulit dalam pematangan dengan CaC_2 .

Pisang dalam penyimpanan 0 hari memberikan rasio gula / asam terkecil yang tidak berbeda nyata bila dibanding 7 dan 14 hari. Sedangkan rasio terbesar ditunjukkan oleh pisang dalam penyimpanan 42 hari, hal ini tidak berbeda nyata dengan penyimpanannya dalam 49 hari. Nilai-nilai ini dapat dilihat pada Tabel 5.32.

Tabel 5.32. Pengaruh lama penyimpanan terhadap rasio gula / asam setelah penyimpanan dan pematangan pisang *cavendish*

Kode	Lama penyimpanan (hari)	Rasio gula/ asam setelah penyimpanan	Rasio gula /asam setelah pematangan	
			alami	dengan CaC_2
P ₁	0	0,71 ^a	2,45 ^r	2,45 ^x
P ₂	7	1,24 ^{ab}	2,29 ^r	2,47 ^x
P ₃	14	1,32 ^{abc}	2,20 ^r	2,25 ^x
P ₄	21	1,54 ^{bc}	2,63 ^r	2,41 ^x
P ₅	28	1,55 ^{bc}	2,39 ^r	2,37 ^x
P ₆	35	1,62 ^{bc}	2,41 ^r	2,41 ^x
P ₇	42	2,37 ^d	-	-
P ₈	49	1,92 ^{cd}	-	-

Keterangan : * Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

- Tanda - berarti tidak diamati

Sementara itu, pisang dalam penyimpanan 0, 7, 14, 21 dan 28 hari memberikan rasio berat daging / kulit yang terkecil, hal ini tidak berbeda nyata dengan pisang yang disimpan selama 35 hari. Sedangkan, rasio

berat daging/kulit terbesar ditunjukkan oleh pisang dalam penyimpanan 42 dan 49 hari yang tidak berbeda nyata dengan pisang dalam penyimpanan 35 hari, seperti terlihat pada Tabel 5.33.

Pada pematangan pisang *cavendish* secara alami, rasio berat daging/kulit terbesar yang berbeda nyata dengan lainnya diberikan oleh pisang dalam penyimpanan 0 hari. Sedangkan rasio terkecil dihasilkan oleh pisang dalam penyimpanan 35 hari yang tidak berbeda nyata dengan penyimpanannya dalam 28 hari. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 5.33.

Tabel 5.33. Pengaruh lama penyimpanan terhadap rasio berat daging/ kulit setelah penyimpanan dan pematangan pisang *cavendish*

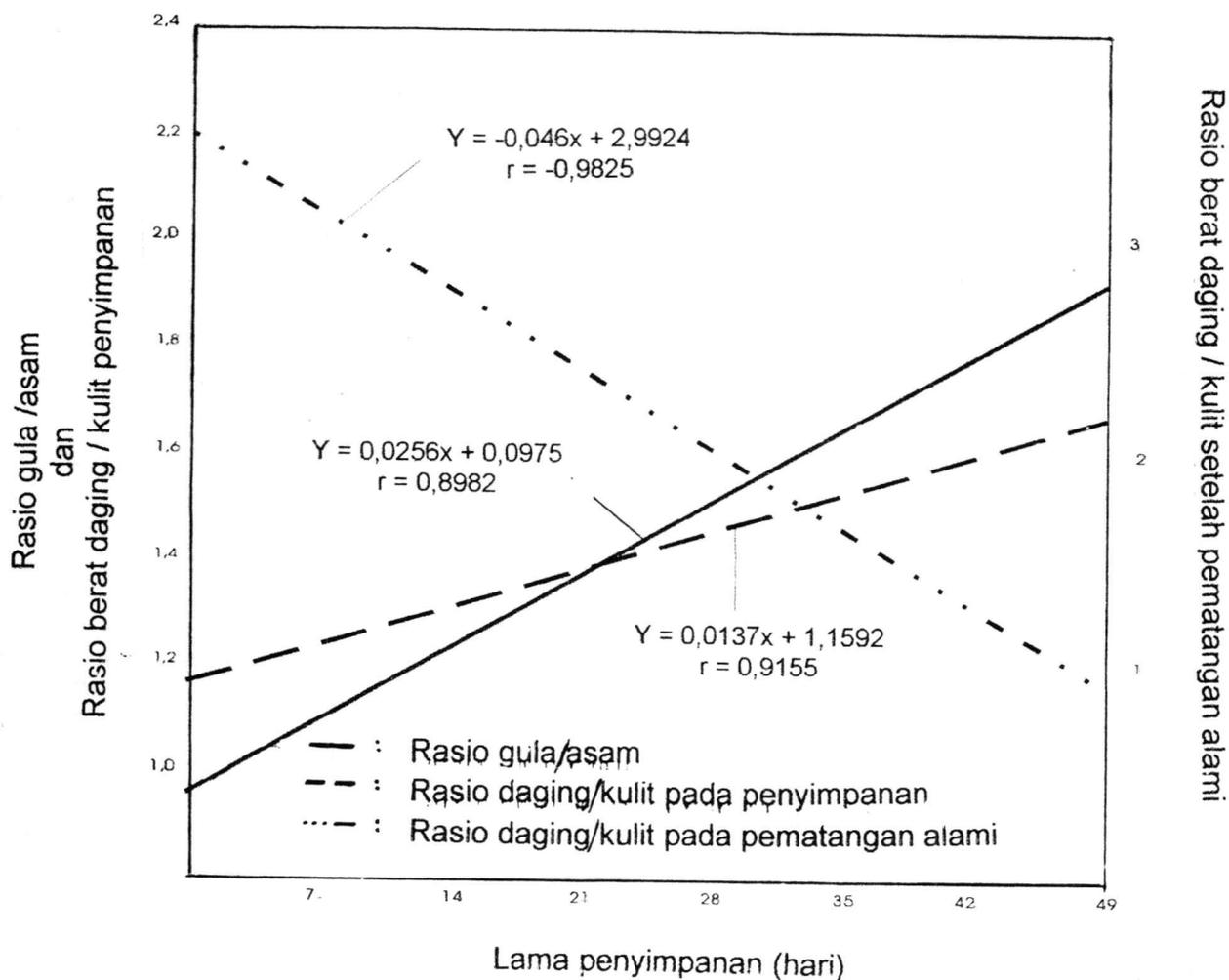
Kode	Lama penyimpanan (hari)	Rasio berat daging/ kulit setelah penyimpanan	Rasio berat daging/ kulit setelah pematangan	
			alami	dengan CaC ₂
P ₁	0	1,28 ^a	3,09 ^u	1,40 ^x
P ₂	7	1,28 ^a	2,47 ^t	1,38 ^x
P ₃	14	1,30 ^a	2,39 st	1,36 ^x
P ₄	21	1,31 ^a	2,08 st	1,35 ^x
P ₅	28	1,39 ^a	1,78 ^{ts}	1,28 ^x
P ₆	35	1,63 ^{ab}	1,31 ^r	1,31 ^x
P ₇	42	1,86 ^b	-	-
P ₈	49	1,87 ^b	-	-

Keterangan : * Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

- Tanda - berarti tidak diamati

Lama penyimpanan semakin panjang (antara 0 sampai dengan 49 hari), semakin meningkatkan rasio gula / asam (antara 0,71 sampai dengan 2,37) dan rasio berat daging / kulit (antara 1,28 sampai dengan

1,87) setelah penyimpanan pisang *cavendish*. Sebaliknya, lama penyimpanan semakin panjang, semakin menurunkan rasio berat daging / kulit yang semula 3,09 menjadi 1,31 setelah pematangan pisang *cavendish* secara alami. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.15.



Gambar 5.15. Grafik hubungan lama penyimpanan dengan rasio gula/ asam dan rasio berat daging/ kulit setelah penyimpanan serta rasio berat daging/ kulit setelah pematangan pisang *cavendish* secara alami

5.6.6. Kekerasan daging dan kulit buah

Lama penyimpanan memberikan pengaruh sangat nyata sampai tingkat kuadratik terhadap kekerasan daging dan kulit buah pisang

cavendish setelah penyimpanan. Pengaruhnya juga sangat nyata pada tingkat linier terhadap kekerasan kulit buah setelah pematangan alami yang ditunjukkan oleh nilai teksturnya.

Sementara itu, lama penyimpanan tidak menunjukkan pengaruh terhadap kekerasan daging buah pisang setelah pematangan alami maupun dengan CaC_2 . Hal serupa juga terjadi terhadap kulit buah pada pematangan dengan menggunakan CaC_2 .

Tabel 5.34. Pengaruh lama penyimpanan terhadap nilai tekstur daging buah pisang *cavendish* setelah penyimpanan dan pematangan

Kode	Lama penyimpanan (hari)	Nilai tekstur daging buah setelah penyimpanan ($\times 10^{-4}$ mm/gr.dt)	Nilai tekstur daging buah setelah pematangan ($\times 10^{-4}$ mm/gr.dt)	
			alami	dengan CaC_2
P ₁	0	31,33 ^a	180,33 ^r	177,33 ^x
P ₂	7	34,00 ^a	179,67 ^r	181,33 ^x
P ₃	14	34,67 ^a	176,00 ^r	178,00 ^x
P ₄	21	37,00 ^a	169,33 ^r	173,33 ^x
P ₅	28	74,67 ^{ab}	177,67 ^r	178,67 ^x
P ₆	35	128,33 ^{bc}	173,33 ^r	169,67 ^x
P ₇	42	173,67 ^c	-	-
P ₈	49	299,33 ^d	-	-

Keterangan : * Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

- Tanda - berarti tidak diamati

Tabel 5.34 di atas menunjukkan bahwa nilai tekstur terkecil dari daging buah diberikan oleh pisang setelah penyimpanan dalam 0, 7, 14 dan 21 hari, yang tidak berbeda nyata dengan penyimpanan dalam

28 hari. Sedangkan nilai tekstur terbesar yang berbeda nyata dengan lainnya, dihasilkan oleh pisang dalam penyimpanan 49 hari.

Pisang *cavendish* yang disimpan dalam 0, 7, 14, 21, 28 dan 35 hari mempunyai nilai tekstur kulit buah yang terkecil. Hal ini berbeda nyata dengan nilai tekstur terbesar yang diperlihatkan oleh pisang dalam 42 dan 49 hari, seperti terlihat pada Tabel 5.35.

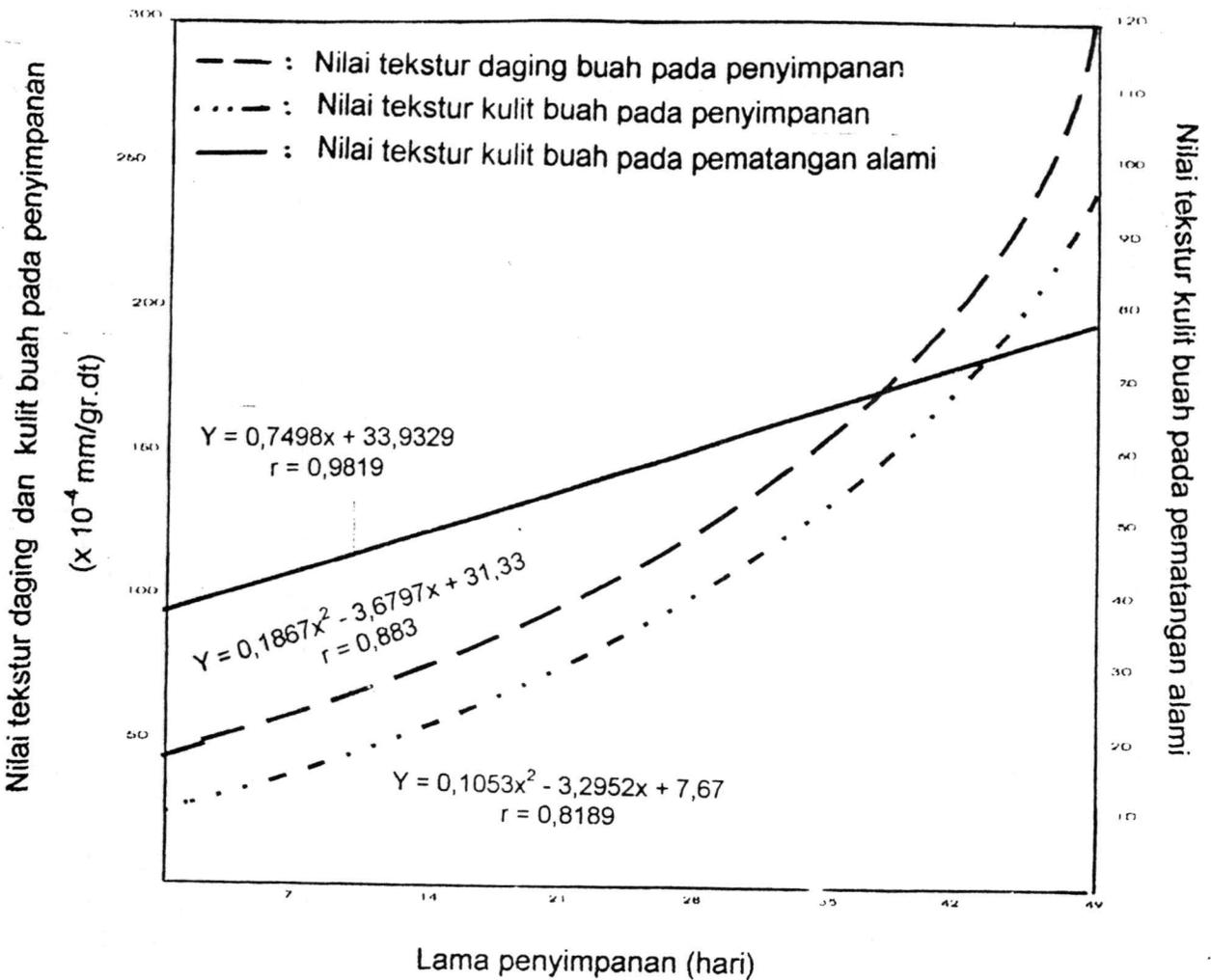
Sementara itu, nilai tekstur terkecil dari kulit buah pisang *cavendish* (setelah pematangan alami) diperlihatkan oleh penyimpanan 0, 7, 14 hari yang tidak berbeda nyata dengan 21 hari. Sedangkan, nilai tekstur terbesar ditunjukkan oleh pisang dalam penyimpanan 28 dan 35 hari yang tidak berbeda nyata dengan 21 hari, seperti terlihat pada Tabel 5.35.

Tabel 5.35. Pengaruh lama penyimpanan terhadap nilai tekstur kulit buah setelah penyimpanan dan pematangan pisang *cavendish*

Kode	Lama penyimpanan (hari)	Nilai tekstur kulit buah setelah penyimpanan ($\times 10^{-4}$ mm/gr.dt)	Nilai tekstur kulit buah setelah pematangan ($\times 10^{-4}$ mm/gr.dt)	
			alami	dengan CaC_2
P ₁	0	7,67 ^a	41,33 ^r	62,00 ^x
P ₂	7	15,00 ^a	45,33 ^r	62,00 ^x
P ₃	14	15,33 ^a	48,33 ^r	64,00 ^x
P ₄	21	16,33 ^a	53,67 ^{rs}	63,33 ^x
P ₅	28	17,67 ^a	63,67 ^s	62,33 ^x
P ₆	35	21,33 ^a	66,00 ^s	64,00 ^x
P ₇	42	63,33 ^b	-	-
P ₈	49	99,00 ^b	-	-

Keterangan : * Angka yang didampingi dengan huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

* Tanda - berarti tidak diamati



Gambar 5.16. Grafik hubungan lama penyimpanan dengan nilai tekstur daging dan kulit buah pada penyimpanan serta kulit buah pada pematangan alami

Gambar 5.16 menunjukkan bahwa lama penyimpanan semakin panjang (antara 0 sampai dengan 49 hari), semakin meningkatkan nilai tekstur daging (semula $31,33 \times 10^{-4}$ menjadi $299,33 \times 10^{-4}$ mm/gr.dt) dan kulit buah (semula $7,67 \times 10^{-4}$ menjadi $99,00 \times 10^{-4}$ mm/gr.dt) setelah penyimpanan pisang *cavendish*. Hal ini juga meningkatkan nilai tekstur kulit buah pisang *cavendish* (semula $41,33 \times 10^{-4}$ menjadi $66,00 \times 10^{-4}$ mm/gr.dt) setelah pematangan secara alami.

5.6.7. Susut berat dan kerusakan

Lama penyimpanan pisang *cavendish* ternyata berpengaruh sangat nyata pada tingkat linier terhadap susut berat penyimpanan dan pematangan secara alami, tetapi tidak berpengaruh terhadap susut berat pematangan dengan menggunakan CaC_2 . Pengaruh lama penyimpanan terhadap susut berat dan kerusakan dapat dilihat pada Tabel 5.36.

Tabel 5.36. Pengaruh lama penyimpanan terhadap susut berat setelah penyimpanan dan pematangan serta kerusakan pisang *cavendish*

Kode	Lama penyimpanan (hari)	Susut berat setelah penyimpanan (%)	Kerusakan setelah penyimpanan (%)	Susut berat setelah pematangan (%)	
				alami	dengan CaC_2
P ₁	0	0 ^a	0	26,88 ^t	2,84 ^x
P ₂	7	1,28 ^b	0	19,02 ^s	3,18 ^x
P ₃	14	1,56 ^c	0	18,54 ^s	3,17 ^x
P ₄	21	1,95 ^{cd}	0	7,31 ^r	3,07 ^x
P ₅	28	1,98 ^{cd}	0	4,21 ^r	2,77 ^x
P ₆	35	2,09 ^{cd}	0	3,58 ^r	2,71 ^x
P ₇	42	2,36 ^d	0	-	-
P ₈	49	4,03 ^e	100	-	-

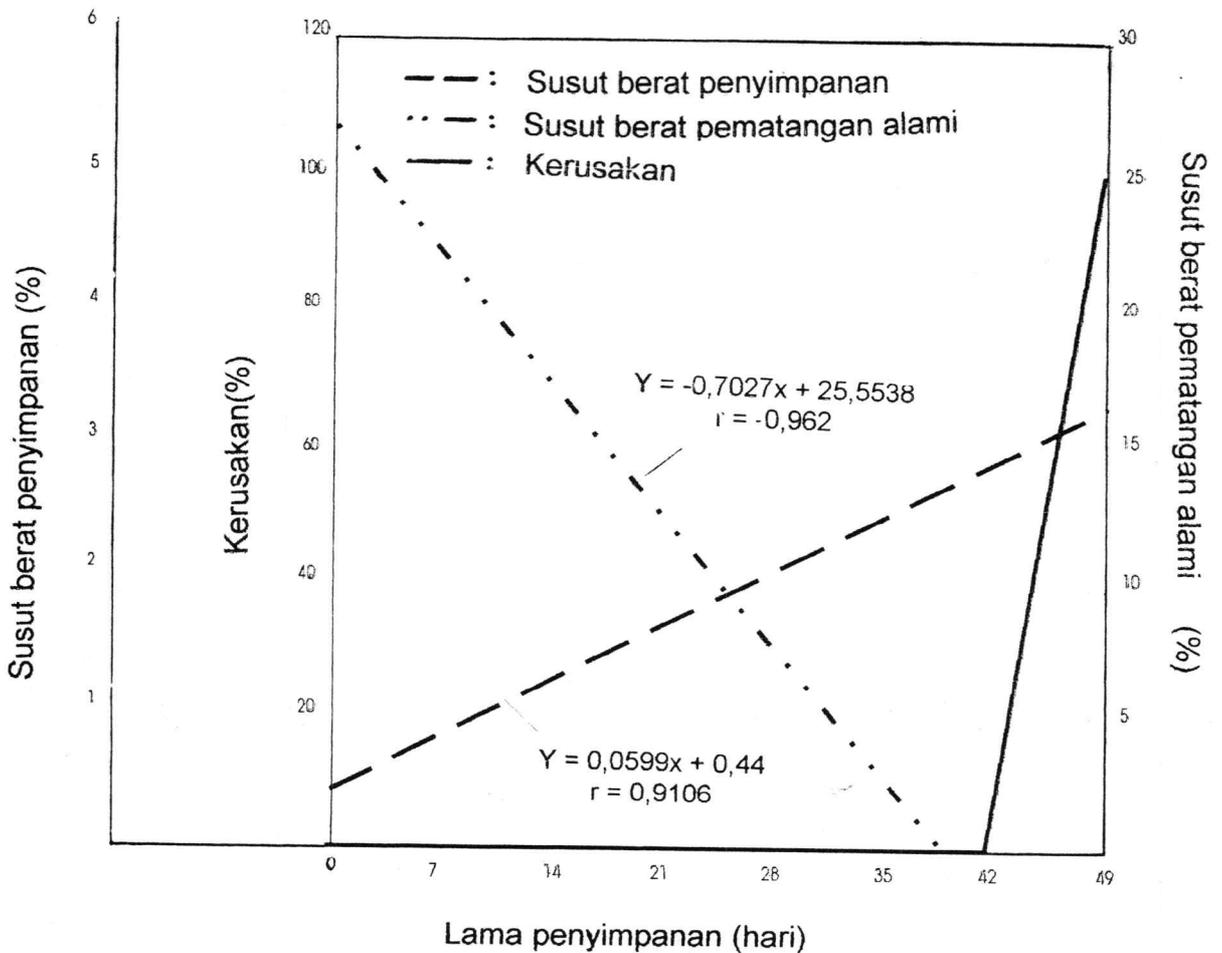
Keterangan : * Angka yang didampingi huruf berbeda (dalam kolom yang sama) adalah berbeda dalam uji Duncan pada taraf 5 persen

- Tanda - berarti tidak diamati

Tabel 5.36 di atas menunjukkan bahwa penyimpanan pisang *cavendish* selama 0 hari memberikan susut berat terendah yang

berbeda nyata dengan lainnya. Sedangkan susut berat tertinggi yang berbeda nyata dengan lainnya diberikan oleh pisang dalam penyimpanan 49 hari.

Setelah pematangan pisang secara alami, susut berat tertinggi diperoleh ketika disimpan pada 0 hari. Hal ini berbeda nyata dengan susut berat terendah (setelah pematangan alami) yang ditunjukkan oleh pisang dalam penyimpanan 21, 28 dan 35 hari.



Gambar 5.17. Grafik hubungan antara lama penyimpanan dengan susut berat penyimpanan dan pematangan alami serta kerusakan pisang *cavendish*

Gambar 5.17 menunjukkan bahwa lama penyimpanan pisang yang semakin panjang (antara 0 sampai dengan 49 hari), semakin meningkatkan susut berat penyimpanan (antara 0 sampai dengan 4,03 persen). Sebaliknya, lama penyimpanan semakin panjang (antara 0 sampai dengan 35 hari), semakin menurunkan susut berat pisang setelah pematangan alaminya yang semula 26,88 menjadi 3,58 persen.

Pengaruh lama penyimpanan terhadap kerusakan tidak dilakukan analisis keragaman karena datanya yang sangat ekstrim, namun demikian data ini sangat penting untuk menentukan lama penyimpanan maksimum pisang *cavendish*. Sedangkan rata-rata kerusakan pisang *cavendish* dalam penyimpanan terlihat pada Tabel 5.36 di atas.

5.6.8. Nilai matriks perkalian bobot dengan mutu pisang *cavendish*

Nilai matriks perkalian bobot dengan mutu ini untuk menentukan masa penyimpanan maksimum pisang *cavendish*. Nilai ini berkisar antara 3,06 sampai dengan 10,34.

Nilai matriks perkalian yang dipilih adalah nilai terbesar, karena pada keadaan tersebut tercapai pematangan optimum sebelum terjadi penuaan. Adapun nilai matriks perkalian bobot dengan mutu terlihat pada Tabel 5.37. Nilai yang terpilih adalah 10,34 pada penyimpanan 42 hari.

Tabel 5.37. Pengaruh lama penyimpanan terhadap nilai matriks perkalian antara bobot dengan mutu pisang *cavendish*

Kode	Lama penyimpanan (hari)	Nilai matriks perkalian bobot dengan mutu
P ₁	0	3,06
P ₂	7	3,99
P ₃	14	4,16
P ₄	21	5,10
P ₅	28	5,65
P ₆	35	7,82
P ₇	42	10,34
P ₈	49	10,08

Keterangan : Nilai matriks semakin besar menunjukkan semakin baik kecuali lama penyimpanan 49 hari

BAB 6. PEMBAHASAN

6.1. Percobaan I : Penentuan Suhu Penyimpanan Pisang *Cavendish*

Pembahasan meliputi pengaruh suhu penyimpanan terhadap laju produksi CO₂, laju konsumsi O₂, kelembaban relatif, laju susut berat, laju susut kekerasan, susut berat, kerusakan, skor warna, lama pematangan, susut berat pematangan dan kekerasan pada pematangan pisang *cavendish*.

6.1.1. Laju produksi CO₂, laju konsumsi O₂ dan kelembaban relatif (RH)

Laju produksi CO₂ dan konsumsi O₂ merupakan petunjuk untuk mengetahui laju respirasi (Pantastico,1975). Rata-rata laju produksi CO₂ dan konsumsi O₂ pada suhu 10, 14, 18 dan 22°C adalah 1,02 dan 0,99 ml/kg.jam atau 0,41 kali lebih kecil dibanding dalam suhu 26°C. Sementara itu, rata-rata kelembaban relatif pada suhu 10, 14 dan 18°C adalah 95 persen atau 0,99 kali lebih kecil jika dibandingkan dengan rata-rata yang diberikan oleh atmosfer pisang dalam 22 dan 26°C. Hal ini disebabkan semakin tinggi suhu dalam kisaran suhu fisiologis akan mempercepat reaksi katabolisme yang terjadi selama respirasi pisang *cavendish*. Pada respirasi pisang akan terjadi pemecahan pati menjadi glukosa dan selanjutnya akan dipecah menjadi asam piruvat melalui jalur glikolisis. Kemudian asam piruvat diubah menjadi asetil Co-A sebagai

substrat yang akan dipecah dalam siklus Krebs. Pada tahapan reaksi ini dibutuhkan O_2 dari lingkungan dan dibebaskan CO_2 serta H_2O . Dengan demikian, semakin tinggi suhu menyebabkan kebutuhan O_2 , produksi CO_2 dan H_2O juga semakin besar. H_2O yang dilepaskan menyebabkan peningkatan kelembaban relatif. Dengan demikian peningkatan suhu cenderung meningkatkan laju produksi CO_2 , konsumsi O_2 dan kelembaban relatif. Penjelasan tersebut sesuai pendapat Patterson (1980) yang menyebutkan bahwa peningkatan suhu menyebabkan peningkatan laju respirasi, produksi etilen, perubahan tekstur dan pelepasan CO_2 dan H_2O . Selain itu juga sesuai dengan pendapat Wills *et al.*, (1982) yang menyebutkan bahwa proses metabolik sangat sensitif terhadap suhu. Setiap kenaikan suhu $10^\circ C$ pada suhu fisiologis menyebabkan peningkatan laju respirasi dua atau tiga kalinya.

Berdasarkan laju respirasi dan kelembaban relatif maka suhu 10, 14 dan $18^\circ C$ merupakan suhu penyimpanan terbaik untuk pisang *cavendish*.

6.1.2. Laju susut berat dan laju susut kekerasan

Susut berat merupakan indikasi berlangsungnya respirasi dan transpirasi (Agustini, 1997). Rata-rata laju susut berat yang diberikan oleh pisang dalam suhu 10, 14, 18 dan $22^\circ C$ adalah 1,59 gr/hari atau 0,5 kali lebih kecil dibanding suhu $26^\circ C$. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu dalam kisaran suhu fisiologis, semakin meningkatkan susut

berat. Peningkatan ini sebagai akibat meningkatnya reaksi penguraian senyawa bermolekul besar seperti pati, protein menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti glukosa dan asam amino. Senyawa-senyawa antara ini akan dipecah lebih lanjut melalui siklus Krebs menjadi CO_2 dan H_2O yang selanjutnya dibebaskan ke lingkungan. Dengan demikian, semakin tinggi suhu (suhu fisiologis) akan meningkatkan CO_2 dan H_2O yang dibebaskan, akibatnya laju susut berat juga semakin besar.

Penjelasan tersebut sesuai pendapat Kartasapoetra (1994) yang menyebutkan bahwa semakin tinggi suhu dalam kisaran fisiologis semakin meningkatkan pemecahan polisakarida menjadi gula sederhana, oksidasi gula menjadi asam piruvat, transformasi fosfat dan asam-asam organik lainnya secara aerobik menjadi CO_2 , H_2O dan energi. Dalam pemecahan ini protein dapat juga sebagai substrat.

Selain itu peningkatan susut berat juga diakibatkan oleh proses transpirasi. Pada suhu penyimpanan tinggi menyebabkan perbedaan tekanan uap antara lingkungan dan jaringan buah. Hal ini mengakibatkan pergerakan air keluar jaringan sehingga terjadi transpirasi. Pendapat tersebut didukung oleh Peacock (1980) dan Tranggono (1986) yang menjelaskan semakin tinggi suhu simpan, semakin meningkatkan permeabilitas dinding sel terhadap uap air sehingga kecepatan transpirasi semakin besar akibatnya susut berat semakin besar pula. Dengan demikian, makin tinggi suhu akan mempercepat laju transpirasi dan memperbesar laju susut berat.

Suhu penyimpanan pisang *cavendish* juga berpengaruh sangat nyata sampai tingkat kuadratik terhadap laju susut kekerasan yang ditunjukkan oleh laju peningkatan nilai tekstur. Gambar 5.4 menunjukkan bahwa mula-mula terjadi penurunan laju susut kekerasan (peningkatan nilai tekstur) namun akan mengalami kenaikan lagi.

Penurunan laju susut kekerasan antara 10 sampai dengan 14°C terjadi karena pisang mengalami kerusakan pada suhu 10°C yaitu pelunakan bagian luarnya sebagai akibat *chilling injury*, sedang pada 14°C pisang *cavendish* tidak mengalami kerusakan. Hal ini sesuai pendapat Ramon (1988) yang menjelaskan bahwa pisang akan mengalami *chilling injury* jika disimpan di bawah suhu 13°C (suhu rendah). *Chilling injury* akan menyebabkan hilangnya organisasi jaringan sehingga permeabilitas membran sel meningkat dan menyebabkan kelunakan pada bagian luar buah.

Menurut Pantastico (1975) dan Tranggono (1986), suhu rendah menyebabkan terhambatnya aliran protoplasma, meningkatnya energi aktivasi enzim yang terikat membran serta meningkatnya permeabilitas membran. Hal ini menyebabkan suplai ATP rendah, metabolisme yang tidak seimbang dan kebocoran larutan melalui membran sel, sehingga terjadi kematian sel dan jaringan.

Sementara itu, kenaikan laju susut kekerasan pada suhu penyimpanan 14, 18, 22 dan 26°C disebabkan oleh meningkatnya pelunakan pisang *cavendish* seiring dengan peningkatan kematangannya.

Semakin tinggi suhu akan mempercepat reaksi pemecahan senyawa bermolekul besar, diantaranya pemecahan protopektin menjadi pektin, asam pektinat dan asam D-galakturonat yang larut air. Pemecahan ini menyebabkan tegangan permukaan pada jaringan buah menurun sehingga menyebabkan pelunakan (Kartasapoetra, 1994).

Menurut Widjanarko (1991) , pemecahan ini terjadi akibat meningkatnya aktifitas enzim protopektinase, pektin metilesterase dan poligalakturonase. Protopektinase memecah protopektin menjadi asam pektinat. Asam pektinat akan mengalami demetoksilasi dengan dikatalis enzim pektin metilesterase membentuk asam pektat. Selanjutnya poligalakturonase akan melepaskan ikatan poligalakturonat pada jembatan glikosida sehingga terbentuk asam D-galakturonat. Dengan demikian semakin tinggi suhu akan mengakumulasi pektin dan asam pektinat maupun asam D-galakturonat yang meningkatkan pelunakan jaringan buah.

Berdasarkan laju susut berat dan laju susut kekerasan maka suhu 10, 14 dan 18°C merupakan suhu penyimpanan terbaik untuk pisang *cavendish*.

6.1.3. Susut berat dan kerusakan

Susut berat terendah terjadi pada suhu 10°C yang tidak berbeda nyata dengan susut berat dalam 14°C. Susut berat tersebut adalah 2,57 persen atau 0,40 kali lebih kecil dibanding susut berat terbesar dalam

suhu 26°C. Dengan demikian, suhu yang lebih tinggi (dalam kisaran suhu fisiologis) mempunyai susut berat yang lebih besar. Hal ini seperti telah dijelaskan pada sub sub bab 6.1.2, semakin tinggi suhu (dalam kisaran suhu fisiologis), semakin mempercepat penguraian senyawa bermolekul besar seperti pati, protein menjadi senyawa antara seperti glukosa dan asam amino. Senyawa antara ini akan dipecah lebih lanjut menjadi CO₂ dan H₂O melalui serangkaian reaksi hingga masuk siklus Krebs, transpor elektron dan fosforilasi oksidatif. CO₂ dan H₂O ini akan dibebaskan ke udara (Kartasapoetra,1994). Pembebasan ini akan memperbesar susut berat pisang *cavendish*.

Selain itu, susut berat juga disebabkan oleh proses transpirasi. Transpirasi yang besar akan terjadi ketika tekanan uap lingkungan lebih rendah (suhu lingkungan lebih tinggi) daripada jaringan buah. Hal ini menyebabkan perpindahan uap air dari dalam menuju keluar jaringan. Menurut Peacock (1980) dan Tranggono (1986), semakin tinggi suhu penyimpanan akan meningkatkan laju transpirasi karena ditunjang oleh permeabilitas dinding sel terhadap uap air yang meningkat sehingga memperbesar susut berat, seperti telah dijelaskan di atas.

Suhu penyimpanan juga berpengaruh terhadap aktivitas enzim yang berperan dalam reaksi metabolisme. Semakin tinggi suhu dalam kisaran suhu fisiologis akan meningkatkan aktivitas enzim, sehingga meningkatkan reaksi metabolisme baik anabolisme maupun katabolisme (Widjanarko, 1991).

Sementara itu, tingkat kerusakan pisang *cavendish* sangat dipengaruhi oleh suhu penyimpanannya. Menurut Kader (1986), suhu toleran pisang adalah 12 sampai dengan 15°C dengan kondisi ruang atmosfer 2 sampai dengan 5 persen O₂ dan 2 sampai dengan 5 persen CO₂, sedang menurut Ramon (1988), pisang mempunyai suhu toleran antara 13 sampai dengan 14°C dengan kelembaban relatif 95 persen. Dengan demikian, penyimpangan dari suhu toleran akan berakibat rusaknya pisang *cavendish*. Hasil penelitian menunjukkan suhu toleran pisang *cavendish* adalah 14 sampai dengan 18 °C. Dengan demikian penyimpangan dari suhu toleran akan berakibat rusaknya pisang *cavendish*. Kerusakan hingga 100 persen terjadi pada suhu simpan 10 dan 26°C. Terjadinya kerusakan pisang pada suhu 10°C sebagai akibat *chilling injury*, sedangkan kerusakan dalam 26°C diakibatkan oleh serangan jamur dan proses penuaan.

Kerusakan pisang akibat *chilling injury* ditandai dengan timbulnya bercak coklat. Bercak tersebut sebagai akibat reaksi oksidasi senyawa fenol menjadi kuinon karena meningkatnya kandungan O₂ dalam jaringan. Peningkatan tersebut akibat meningkatnya permeabilitas membran sel terhadap O₂. Penjelasan tersebut sesuai pendapat Pantastico (1975) dan Wiils *et al.*, (1982) yang menjelaskan bahwa *chilling injury* terjadi karena aliran protoplasma terhambat dan meningkatnya energi aktivasi enzim-enzim yang terikat membran sel.

Sementara itu, kerusakan pisang dalam suhu penyimpanan 26°C terjadi karena peningkatan kelembaban relatif akibat pelepasan air dalam respirasi. Hal ini menyebabkan kondisinya sesuai untuk pertumbuhan jamur. Selain itu kerusakan juga terjadi akibat proses penuaan pisang. Pada penuaan akan didominasi pembentukan asetaldehida dan alkohol yang bersifat racun sehingga menyebabkan kematian sel. Hal ini sesuai pendapat Tranggono (1986) yang menjelaskan bahwa pada penuaan terjadi perubahan asam piruvat oleh piruvat dekarboksilase menjadi asetaldehida. Selanjutnya akan diubah menjadi alkohol oleh alkohol dehidrogenase.

Pisang *cavendish* dikatakan mengalami kerusakan pada suhu di luar suhu toleran bila tingkat kerusakan pada penanganan pasca panen melebihi 20 persen (Anonymous, 1978). Dengan demikian, suhu penyimpanan pisang *cavendish* yang terbaik berdasarkan susut berat dan kerusakannya adalah suhu 14 dan 18°C.

6.1.4. Skor warna dan lama pematangan

Skor warna dan lama pematangan hanya diukur pada suhu penyimpanan yang tidak menyebabkan kerusakan. Pisang yang disimpan pada suhu 14°C mempunyai skor warna 0,87 kali lebih kecil dan lama pematangan alami 1,08 kali lebih besar jika dibanding dengan suhu 18°C. Namun demikian, kedua suhu memberikan lama pematangan yang sama dengan menggunakan CaC_2 .

Skor warna lebih kecil yang diberikan oleh suhu 14°C dibanding 18°C, menunjukkan bahwa perubahan warna pisang *cavendish* pada 14°C lebih lambat dibanding 18°C. Penghambatan perubahan warna tersebut terjadi karena terhambatnya aktifitas enzim klorofilase dalam degradasi klorofil yang berperan dalam hilangnya warna hijau untuk membentuk klorofilin, klorin dan purpurin. Hal ini sesuai dengan pendapat Duckworth (1966) yang menjelaskan bahwa penyimpanan pada suhu lebih rendah dalam kisaran suhu fisiologis akan menurunkan proses metabolisme terutama yang bersifat katalitik, diantaranya adalah degradasi klorofil. Dengan demikian, perubahan warna pisang menjadi terhambat.

Selain itu, skor warna lebih kecil pada suhu 14°C menyebabkan lama pematangan alami yang lebih panjang jika dibanding suhu 18°C. Hal ini disebabkan pisang dengan skor warna kecil mempunyai tingkat kematangan rendah sehingga membutuhkan waktu yang panjang dalam uji kematangan alami. Penjelasan tersebut sesuai dengan pendapat Annijawati (1993) dan (Susanto, 1994) yang menjelaskan bahwa warna merupakan salah satu cara untuk mengetahui tingkat kematangan pisang.

Sementara itu, pematangan dengan CaC_2 menunjukkan lama pematangan pisang *cavendish* yang sama pada kedua suhu penyimpanan. Hal ini disebabkan CaC_2 akan bereaksi dengan uap air yang dilepaskan pada respirasi pisang. Hasil reaksi berbentuk CaO dan gas asetilen yang mempunyai peran serupa etilen atau hormon pematangan (Susanto, 1994).

Keberadaan gas asetilen tersebut mempercepat tercapainya konsentrasi minimum dari hormon yang dibutuhkan dalam pematangan (Tranggono, 1986). Selain itu juga, berperan dalam memajukan awal respirasi klimakterik (Susanto, 1994), akibatnya lama pematangan pisang *cavendish* menunjukkan waktu yang sama.

Berdasarkan skor warna dan lama pematangan maka suhu penyimpanan yang terbaik untuk pisang *cavendish* adalah 14°C.

6.1.5. Susut berat setelah pematangan

Pisang *cavendish* yang disimpan pada suhu 14°C mempunyai susut berat pematangan alami 1,20 kali lebih besar dibanding pada 18°C. Hal ini berarti pisang *cavendish* yang disimpan pada suhu 14°C mempunyai tingkat kematangan yang lebih rendah dibanding suhu 18°C. Hal ini disebabkan pisang yang disimpan dalam suhu 14°C mengalami penghambatan metabolisme dibanding dalam suhu 18°C, akibatnya tingkat kematangannya rendah. Pisang dengan tingkat kematangan rendah akan membutuhkan waktu yang lebih panjang dalam uji kematangan alaminya sehingga mengalami transpirasi lebih lama pula. Dampaknya adalah terjadi kehilangan air yang berarti mengalami susut berat yang lebih besar pula. Penjelasan ini sesuai dengan pendapat Annijawati (1993), yang menyebutkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk pematangan sangat tergantung pada tingkat kematangannya. Dia

juga menjelaskan lama pematangan yang lebih panjang akan mengalami transpirasi lebih lama, akibatnya susut beratnya menjadi lebih besar.

Sementara itu, pisang dalam uji kematangan dengan menggunakan CaC_2 menunjukkan susut berat yang relatif sama pada suhu 14 dan 18°C. Keadaan ini terjadi karena adanya gas asetilen yang merupakan salah satu hasil reaksi antara CaC_2 dan uap air. Gas yang dilepaskan ini mempercepat tercapainya nilai ambang konsentrasi hormon yang dibutuhkan dalam pematangan serta memajukan awal respirasi klimakterik (Susanto, 1994). Oleh karena itu, waktu atau lama pematangannya memberikan hasil yang sama. Hal ini mengakibatkan CO_2 dan air yang dilepas juga relatif sama, sehingga susut beratnya juga sama.

Berdasarkan susut berat setelah pematangan baik secara alami maupun dengan CaC_2 maka penyimpanan pada 18°C merupakan suhu penyimpanan terbaik untuk pisang *cavendish*.

6.1.6. Kekerasan setelah pematangan

Pisang *cavendish* setelah penyimpanan pada suhu 14 dan 18°C mempunyai kekerasan yang relatif sama seperti ditunjukkan oleh nilai teksturnya, baik dalam pematangan alami maupun menggunakan CaC_2 . Hal ini disebabkan pengukuran kekerasan pisang *cavendish* dilakukan pada kematangan optimum atau skor warna 7, pada kondisi ini degradasi

molekul besar mencapai puncaknya, sehingga nilai tekstur memberikan hasil yang relatif sama pula.

Pada suhu 14°C , nilai tekstur untuk pematangan alami sebesar 180×10^{-4} mm/gr.dt, sedangkan pematangan dengan CaC_2 sebesar $178,67 \times 10^{-4}$ mm/gr.dt. Pada suhu 18°C , nilai tekstur untuk pematangan alami sebesar $179,67 \times 10^{-4}$ mm/gr.dt, sedangkan pematangan dengan CaC_2 sebesar 179×10^{-4} mm/gr.dt.

6.1.7. Nilai matriks perkalian bobot dengan mutu

Nilai ini untuk memilih suhu penyimpanan pisang *cavendish* yang optimum (cara perhitungannya seperti pada Lampiran 4). Suhu penyimpanan optimum adalah suhu yang mampu menghambat pematangan dan respirasi tetapi tetap mempertahankan mutu pisang yang terbaik.

Pisang *cavendish* yang disimpan pada suhu 14°C mempunyai nilai matriks perkalian bobot dengan mutu = 18,76, sedangkan yang disimpan pada 18°C mempunyai nilai = 18,83. Hal ini berarti pisang *cavendish* yang disimpan pada 14°C mempunyai variabel mutu yang lebih kecil dibanding pada suhu 18°C . Keadaan ini disebabkan, pisang *cavendish* yang disimpan pada 14°C mengalami penghambatan laju respirasi dan pematangan dibanding pada suhu 18°C . Penjelasan ini sesuai pendapat Rippon dan Trochoulis (1976) yang menjelaskan bahwa laju respirasi dan pematangan pisang akan mengalami penghambatan jika disimpan pada

suhu optimumnya. Oleh karena itu, suhu penyimpanan 14°C dipilih sebagai suhu penyimpanan pisang *cavendish* terbaik.

6.2. Percobaan II : Penentuan Daerah MA Pisang *Cavendish*

Pembahasan meliputi pengaruh perpaduan gas terhadap skor warna, lama pematangan, kadar gula reduksi penyimpanan dan pematangan, susut berat penyimpanan dan pematangan, kekerasan pada penyimpanan serta penentuan daerah MA pisang *cavendish*.

6.2.1. Skor warna dan lama pematangan

Skor warna pisang sangat dipengaruhi oleh perpaduan gas lingkungan dalam penyimpanan. Perpaduan gas (2 ± 1 persen O_2 dan 6 ± 1 persen CO_2) maupun (3 ± 1 persen O_2 dan 5 ± 1 persen CO_2) memperlihatkan rata-rata skor warna terendah yaitu 2,09 atau 0,49 kali lebih kecil dibanding yang diberikan oleh pisang dalam perpaduan (5 ± 1 persen O_2 dan 3 ± 1 persen CO_2) maupun udara normal .

Hasil tersebut di atas menunjukkan bahwa perubahan warna pisang mengalami penghambatan dalam perpaduan gas (2 ± 1 persen O_2 dan 6 ± 1 persen CO_2) maupun (3 ± 1 persen O_2 dan 5 ± 1 persen CO_2). Hal ini disebabkan gas CO_2 dalam perpaduan gas tersebut mampu bersaing dengan etilen dalam menempati reseptor logam enzim sehingga aktifitasnya terganggu, akibatnya menghambat metabolisme dalam respirasi dan pematangan pisang termasuk degradasi klorofil yang

berpengaruh terhadap perubahan warna. Penjelasan tersebut selaras dengan pendapat Salunkhe dan Wu (1974) yang menyebutkan bahwa perpaduan gas optimum akan menghambat laju respirasi dan pematangan serta perubahan - perubahan lain yang menyertainya. Pendapat ini didukung oleh Beyer (1979) yang menjelaskan bahwa kondisi optimum perpaduan gas menyebabkan terjadinya persaingan antara CO₂ dan etilen dalam menempati reseptor logam dari enzim ATP-ase yang menyediakan energi untuk reaksi-reaksi dalam pematangan. Apabila CO₂ mampu menempati reseptor logam enzim maka enzim tidak dapat bekerja secara efektif dalam memecah substrat maupun menyediakan energi.

Selain itu, hasil penelitian juga didukung oleh penjelasan Scott *et al.*, (1971), Mettlitskii *et al.*, (1983) dan Kader (1985). Scott *et al.*, (1971) mengemukakan bahwa daerah MA pisang adalah di bawah 10 persen untuk konsentrasi O₂ dan CO₂. Menurut Mettlitskii *et al.*, (1983), konsentrasi O₂ yang rendah dalam atmosfer penyimpanan akan menghambat penguningan pisang. Sementara itu, Kader (1985) menjelaskan bahwa konsentrasi O₂ dan CO₂ untuk penyimpanan pisang adalah 2 sampai dengan 5 persen pada suhu 12 sampai dengan 15°C.

Perpaduan gas juga berpengaruh sangat nyata terhadap lama pematangan pisang *cavendish* secara alami. Perpaduan gas (3 ± 1 persen O₂ dan 5±1 persen CO₂) maupun (2±1 persen O₂ dan 6±1 persen CO₂) memberikan rata-rata lama pematangan alami 6,50 hari

atau 2,33 hari lebih panjang dibanding rata-rata lama pematangan pisang dalam (4 ± 1 persen O_2 dan 4 ± 1 persen CO_2), (5 ± 1 persen O_2 dan 3 ± 1 persen CO_2) maupun udara normal. Hasil tersebut menunjukkan bahwa laju respirasi maupun pematangan pisang dalam perpaduan gas (2 ± 1 persen O_2 dan 6 ± 1 persen CO_2) serta (3 ± 1 persen O_2 dan 5 ± 1 persen CO_2) mengalami penghambatan. Hal ini disebabkan CO_2 menghambat etilen dalam menempati reseptor logam enzim (seperti penjelasan di atas), akibatnya pisang mempunyai tingkat kematangan rendah. Dengan demikian dalam uji kematangan alami membutuhkan waktu lebih panjang. Kejadian ini sesuai dengan pendapat Makfoeld (1992) yang menjelaskan bahwa laju respirasi komoditi mempunyai hubungan erat dengan umur simpan maupun pematangannya.

Sementara itu, perpaduan gas tidak berpengaruh terhadap pematangan pisang *cavendish* dengan menggunakan CaC_2 . Hal ini disebabkan perpaduan gas tidak menyebabkan kondisi metabolisme yang abnormal dalam respirasi dan pematangan sebab adanya asetilen yang mempunyai sifat serupa etilen sebagai hormon pematangan. Asetilen didapat dari hasil reaksi antara CaC_2 dengan uap air yang dilepaskan dalam respirasi. Menurut Tranggono (1986) pelepasan asetilen mempercepat tercapainya konsentrasi ambang hormon pematangan dan juga menyebabkan respirasi klimakterik yang lebih awal (Susanto, 1994). Dengan demikian lama pematangan menggunakan CaC_2 membutuhkan waktu yang relatif sama.

Perpaduan gas (2 ± 1 persen O_2 dan 6 ± 1 persen CO_2) maupun (3 ± 1 persen O_2 dan 5 ± 1 persen CO_2) merupakan perpaduan yang paling sesuai untuk pisang *cavendish* berdasarkan skor warna dan lama pematangan.

6.2.2. Kadar gula reduksi setelah penyimpanan dan pematangan

Kadar gula reduksi sangat dipengaruhi oleh perpaduan gas lingkungan dalam penyimpanan pisang *cavendish*. Atmosfer lingkungan yang berbeda menyebabkan pisang *cavendish* mempunyai kadar gula reduksi yang berbeda pula.

Perpaduan gas (2 ± 1 persen O_2 dan 6 ± 1 persen CO_2) , (3 ± 1 persen O_2 dan 5 ± 1 persen CO_2) maupun (4 ± 1 persen O_2 dan 4 ± 1 persen CO_2) memberikan rata-rata kadar gula reduksi terendah yaitu 2,35 persen atau 3,96 persen lebih kecil jika dibandingkan dengan pisang dalam udara normal. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pembentukan gula reduksi mengalami penghambatan dalam perpaduan gas tersebut. Penghambatan terjadi karena CO_2 dalam perpaduan gas tersebut memungkinkan bersaing dengan etilen sehingga peranannya dalam pematangan terhambat. Penghambatan ini berdampak pada terhambatnya degradasi pati menjadi gula-gula sederhana. Hal ini selaras dengan pendapat Salunkhe dan Wu (1974) yang menjelaskan bahwa perpaduan gas optimum akan menghambat laju respirasi dan pematangan serta reaksi-reaksi lain dalam pematangan. Pendapat ini diperkuat oleh Beyer (1979) yang

menyebabkan bahwa persaingan antara etilen dan CO_2 dalam menempati reseptor logam dari enzim ATP-ase akan terjadi pada kondisi optimum. Apabila CO_2 mampu menempati reseptor logam maka aktifitas enzim ATP-ase terganggu sehingga penyediaan energi untuk reaksi-reaksi pematangan akan terhambat. Akibatnya, pemecahan molekul-molekul besar dengan katalis enzim yang membutuhkan energi juga terhambat. Dengan demikian, pemecahan pati menjadi gula reduksi dengan katalis enzim amilase, maltase, invertase juga mengalami penghambatan.

Perpaduan gas tidak berpengaruh nyata terhadap kadar gula reduksi pada pematangan pisang *cavendish* secara alami maupun dengan CaC_2 . Hal ini disebabkan kadar gula reduksi diukur pada pematangan optimum pisang *cavendish* (skor warna 7). Dengan demikian, hasilnya relatif sama dan pengaruh perpaduan gas menjadi tidak nyata.

Berdasarkan kadar gula reduksi setelah penyimpanan dan pematangan maka perpaduan yang cocok untuk pisang *cavendish* adalah (2 ± 1 persen O_2 dan 6 ± 1 persen CO_2), (3 ± 1 persen O_2 dan 5 ± 1 persen CO_2) maupun (4 ± 1 persen O_2 dan 4 ± 1 persen CO_2).

6.2.3. Susut berat setelah penyimpanan dan pematangan

Susut berat buah merupakan salah satu kriteria penyusutan kualitas dan indikator berlangsungnya respirasi dan transpirasi (Agustini, 1997). Susut berat ini sangat dipengaruhi oleh perpaduan gas dalam penyimpanan pisang *cavendish*.

Perpaduan gas (2 ± 1 persen O_2 dan 6 ± 1 persen CO_2), (3 ± 1 persen O_2 dan 5 ± 1 persen CO_2) maupun (4 ± 1 persen O_2 dan 4 ± 1 persen CO_2) menyebabkan rata-rata susut berat terendah yaitu 1,17 persen atau 1,49 persen lebih kecil dibanding pisang dalam udara normal. Hal ini memperlihatkan terjadinya penghambatan susut berat, yang berarti pula terjadi penghambatan respirasi dan transpirasi. Penghambatan terjadi karena aktivitas enzim ATP-ase menurun sebagai akibat ditempatinya reseptor logam enzim oleh CO_2 . Aktivitas enzim yang terhambat menyebabkan persediaan energi untuk reaksi dalam respirasi dan pematangan terganggu. Dampaknya adalah pelepasan CO_2 dan H_2O rendah sehingga susut beratnya juga rendah.

Ben-Yehoshua (1966) menjelaskan bahwa penurunan O_2 dan peningkatan CO_2 dari kondisi normal akan menghambat pematangan, respirasi dan produksi etilen. Pendapat lain menjelaskan bahwa perpaduan gas optimum akan menghambat laju respirasi dan pematangan serta perubahan - perubahan lain yang mengikutinya (Salunkhe dan Wu, 1974). Sedang, menurut Agustini (1997), pengaturan suhu dan atmosfer yang tepat dapat menurunkan respirasi dan transpirasi sehingga memperkecil susut berat empat kali lipat dibanding dalam udara normal pada suhu kamar.

Perpaduan gas juga berpengaruh nyata terhadap susut berat pisang *cavendish* pada uji kematangan secara alami. Perpaduan (3 ± 1 persen O_2 dan 5 ± 1 persen CO_2) menyebabkan susut berat tertinggi

yaitu 1,40 kali lebih besar dibanding rata-rata yang diberikan oleh pisang dalam perpaduan (2 ± 1 persen O_2 dan 6 ± 1 persen CO_2), (4 ± 1 persen O_2 dan 4 ± 1 persen CO_2), (5 ± 1 persen O_2 dan 3 ± 1 persen CO_2) maupun udara normal. Hal ini disebabkan pisang dalam perpaduan gas (3 ± 1 persen O_2 dan 5 ± 1 persen CO_2) mengalami penghambatan respirasi dan pematangan. Respirasi dan pematangan yang terhambat akan memberikan tingkat kematangan pisang yang rendah. Pada tingkat kematangan ini, pisang akan membutuhkan waktu yang lebih panjang (lama pematangan yang panjang) dalam uji kematangan secara alami sehingga mengalami respirasi dan transpirasi yang lebih lama. Keadaan ini menyebabkan CO_2 dan H_2O yang dilepaskan lebih besar sehingga meningkatkan susut berat. Penjelasan tersebut diperkuat oleh Salunkhe dan Wu (1974) yang menjelaskan bahwa laju respirasi dan pematangan serta perubahan-perubahan lainnya akan mengalami penghambatan dalam perpaduan gas optimum. Pendapat ini dilanjutkan oleh Makfoeld (1992) yang menjelaskan bahwa laju respirasi komoditi berhubungan erat dengan umur simpan dan waktu pematangannya. Laju respirasi yang terhambat akan memberikan tingkat kematangan rendah. Menurut Annijawati (1993) pisang dengan tingkat kematangan rendah akan membutuhkan lama pematangan lebih panjang, akibatnya mengalami transpirasi dan respirasi lebih lama. Sedangkan menurut Agustini (1997), terjadinya transpirasi dan respirasi diindikasikan oleh adanya susut berat. Oleh karena itu, proses transpirasi dan respirasi yang lebih lama akan

menyebabkan kehilangan air yang lebih besar sehingga susut beratnya juga lebih besar.

Sementara itu, perpaduan gas tidak berpengaruh terhadap susut berat pisang *cavendish* dalam uji kematangan dengan CaC_2 . Hal ini disebabkan pemakaian CaC_2 tidak menyebabkan kondisi pisang yang abnormal. CaC_2 ini justru mengalami reaksi dengan uap air dan salah satu hasilnya berupa gas asetilen yang akan menyebabkan respirasi klimakterik yang lebih awal. Keadaan tersebut di atas menyebabkan lama pematangan dengan CaC_2 mempunyai waktu yang relatif sama dan lama proses respirasi maupun transpirasi juga sama, sehingga kehilangan berat akibat pelepasan O_2 dan CO_2 besarnya relatif sama pula.

Berdasarkan susut berat setelah penyimpanan dan pematangan maka perpaduan gas terbaik untuk pisang *cavendish* adalah (2 ± 1 persen O_2 dan 6 ± 1 persen CO_2) dan (4 ± 1 persen O_2 dan 4 ± 1 persen CO_2).

6.2.4. Kekerasan setelah penyimpanan dan pematangan

Perpaduan gas diketahui sangat berpengaruh terhadap kekerasan pisang *cavendish* yang ditunjukkan oleh nilai teksturnya. Perpaduan gas yang berbeda memberikan nilai tekstur pisang *cavendish* yang disimpan berbeda pula.

Rata-rata nilai tekstur terkecil diperlihatkan oleh pisang dalam perpaduan gas (2 ± 1 persen O_2 dan 6 ± 1 persen CO_2), (3 ± 1 persen O_2 dan 5 ± 1 persen CO_2) adalah $46,5 \times 10^{-4}$ mm/gr.dt atau 0,37 kali lebih kecil

dibandingkan dengan penyimpanan dalam (5 ± 1 persen O_2 dan 3 ± 1 persen CO_2) dan udara normal. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perubahan kekerasan cenderung dipertahankan dalam perpaduan gas (2 ± 1 persen O_2 dan 6 ± 1 persen CO_2), (3 ± 1 persen O_2 dan 5 ± 1 persen CO_2) ini.

Salunkhe dan Wu (1974), menjelaskan bahwa laju respirasi dan pematangan serta perubahan lain yang menyertainya akan mengalami penghambatan dalam perpaduan gas yang optimum. Hal ini disebabkan CO_2 menurunkan aktifitas enzim ATP-ase sehingga penyediaan energi untuk reaksi-reaksi dalam pematangan terganggu. Reaksi-reaksi tersebut antara lain degradasi protopektin yang berhubungan dengan kekerasan buah. Selama pematangan normal, protopektin dipecah menjadi asam pektinat oleh protopektinase. Asam pektinat akan mengalami demetoksilasi dengan katalis pektin metilesterase membentuk asam pektat. Selanjutnya, poligalakturonase akan melepaskan ikatan poligalakturonat pada jembatan glikosida sehingga terbentuk asam D-galakturonat yang larut air sehingga melunakkan pisang (Widjanarko, 1991). Dengan demikian, penghambatan respirasi dan pematangan akan berakibat terhambatnya degradasi protopektin maupun pelunakan.

Sementara itu, perpaduan gas tidak berpengaruh terhadap kekerasan (nilai tekstur) pisang *cavendish*. Hal ini disebabkan pengukuran kekerasan dilakukan pada kematangan optimum pisang *cavendish* atau

skor warna 7, sehingga nilai tekstur relatif sama. Dengan demikian, pengaruh perpaduan gas terhadap nilai tekstur menjadi tidak nyata.

Perpaduan gas (2 ± 1 persen O_2 dan 6 ± 1 persen CO_2) maupun (3 ± 1 persen O_2 dan 5 ± 1 persen CO_2) merupakan perpaduan terbaik untuk penyimpanan pisang *cavendish* berdasarkan kekerasannya.

6.2.5. Nilai matriks perkalian bobot dengan mutu

Nilai ini untuk menentukan daerah MA pisang *cavendish*. Gunadnya (1993) dalam menentukan daerah MA memilih perpaduan gas yang paling efektif menghambat laju respirasi tetapi tetap mempertahankan mutu terbaik, dan juga perpaduan gas lain yang memberikan nilai tidak berbeda nyata dengan perpaduan gas tersebut.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perpaduan gas (2 ± 1 persen O_2 dan 6 ± 1 persen CO_2), (3 ± 1 persen O_2 dan 5 ± 1 persen CO_2) merupakan perpaduan gas yang sesuai dengan pendapat Gunadnya (1993) karena mampu menghambat laju respirasi dan pematangan serta mempertahankan mutu terbaik. Dengan demikian daerah MA pisang *cavendish* adalah 1 sampai dengan 4 persen O_2 dengan 4 sampai dengan 7 persen CO_2 .

6.3. Percobaan III : Pengaruh Jenis Kemasan Film terhadap Mutu dan Konsentrasi Gas dalam Kemasan

Pembahasan meliputi pengaruh jenis kemasan terhadap skor warna, lama pematangan, kadar gula reduksi penyimpanan dan

pematangan, susut berat penyimpanan dan pematangan, kekerasan pada penyimpanan dan pematangan pisang *cavendish*.

6.3.1. Skor warna dan lama pematangan

Skor warna pisang *cavendish* setelah penyimpanan sangat dipengaruhi oleh jenis kemasan yang digunakan. Pisang yang dikemas dengan polietilen densitas rendah, *stretch film* dan polipropilen memberikan skor warna terkecil yaitu 2,33. Skor yang diberikan 0,55 kali lebih kecil dibanding tanpa kemasan. Dengan demikian, pemakaian polietilen densitas rendah, *stretch film* dan polipropilen untuk mengemas pisang cenderung menghambat perubahan warna. Perubahan warna komoditi berhubungan erat dengan laju respirasi dan pematangannya (Apandi,1984). Oleh karena itu, penghambatan perubahan warna merupakan petunjuk terjadinya penghambatan respirasi dan pematangan.

Penghambatan respirasi dan pematangan terjadi karena kemampuan kemasan membentuk kondisi MA yang sesuai dengan komoditi tersebut. Kondisi MA ini akan memberikan perpaduan gas yang optimum sehingga CO₂ mampu menghambat peranan etilen. Menurut Gunadnya (1993) kondisi MA yang dibentuk kemasan sangat ditentukan oleh koefisien permeabilitas kemasan terhadap O₂, CO₂ dan N₂.

Koefisien permeabilitas sangat dipengaruhi struktur polimer yang lurus dan bercabang dari kemasan. Struktur polimer yang lurus memberikan kristalinitas tinggi dengan susunan teratur, simetris dan rapat, sehingga sukar dilalui gas. Sedangkan, struktur polimer bercabang

memberikan struktur amorf dengan susunan tidak teratur dan berpori sehingga mudah dilalui gas CO₂, O₂, N₂ dan uap air (Cowd, 1991). Dengan demikian polietilen densitas rendah, *stretch film* dan polipropilen mempunyai struktur lurus yang lebih banyak dibanding bercabang sehingga sirkulasi gas dari luar maupun dari dalam kemasan mengalami penghambatan, akibatnya memberikan kondisi campuran gas yang dapat menghambat laju respirasi, pematangan dan degradasi klorofil, seperti penjelasan sebelumnya. Sedangkan menurut Zagory dan Kader (1988), polietilen densitas rendah dan polivinil klorida yang paling banyak digunakan untuk mengemas bahan segar. Hal serupa juga dikemukakan oleh Mahendra (1990).

Jenis kemasan juga berpengaruh sangat nyata terhadap lama pematangan pisang *cavendish* secara alami. Jenis kemasan yang berbeda cenderung memberikan lama pematangan alami yang berbeda pula.

Polietilen densitas rendah menyebabkan lama pematangan alami terpanjang yaitu 3,21 hari lebih panjang dibanding tanpa kemasan maupun dengan kemasan *stretch film*, *oriented polypropilen* dan polipropilen. Di sinipun menunjukkan adanya penghambatan respirasi dan pematangan oleh kemasan karena kemampuannya membentuk kondisi MA yang sesuai untuk komoditi (Gunadnya, 1993). Hal ini mungkin disebabkan polietilen densitas rendah mempunyai struktur bercabang lebih rendah dibanding yang lain, akibatnya jumlah pori lebih sedikit. Pori yang sedikit

menyebabkan permeabilitas yang rendah terhadap CO_2 dan O_2 , akibatnya konsentrasi CO_2 dalam kemasan menjadi lebih besar dibanding lainnya. CO_2 optimum akan menyebabkan penghambatan respirasi karena CO_2 menempati reseptor logam enzim yang menyediakan energi untuk berlangsungnya reaksi-reaksi selama respirasi dan pematangan.

Makfoeld (1992) menjelaskan bahwa laju respirasi sangat erat kaitannya dengan umur simpan dan lama pematangan. Oleh karena itu penghambatan respirasi dan pematangan dalam penyimpanan akan menyebabkan tingkat kematangan rendah sehingga membutuhkan waktu yang lebih panjang dalam pematangan secara alami, begitu sebaliknya.

Sementara itu, lama pematangan pisang cavendish dengan menggunakan CaC_2 tidak dipengaruhi oleh jenis kemasan. Hal ini disebabkan uap air yang dilepaskan dalam respirasi akan bereaksi dengan CaC_2 . Hasilnya berupa CaO dan gas asetilen yang peranannya seperti telah dijelaskan di depan. Dengan demikian, lama pematangan dengan menggunakan CaC_2 memberikan waktu relatif sama dan tidak dipengaruhi oleh perlakuan jenis kemasan.

Berdasarkan skor warna dan lama pematangan maka kemasan yang cocok untuk pisang cavendish adalah polietilen densitas rendah.

6.3.2. Kadar gula reduksi setelah penyimpanan dan pematangan

Kadar gula reduksi pisang *cavendish* sangat dipengaruhi oleh jenis kemasan yang digunakan dalam penyimpanan. Rata-rata kadar gula reduksi terendah yang diberikan oleh pisang dalam kemasan polietilen

densitas rendah, *stretch film*, *oriented polypropilen*, dan polipropilen adalah sebesar 3,65 persen atau 0,52 kali lebih kecil jika dibanding tanpa kemasan. Hal ini disebabkan kemasan cenderung menghambat sirkulasi gas CO_2 , O_2 , N_2 meskipun kemampuannya berbeda-beda tergantung pada koefisien permeabilitas, kandungan struktur polimer lurus dan bercabang. Oleh karena itu, pemakaian kemasan justru mampu mempertahankan atmosfer pisang dengan konsentrasi CO_2 yang lebih tinggi dibanding tanpa kemasan, akibatnya terjadi penghambatan respirasi dan pematangan. Penghambatan ini terjadi seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

Menurut Apandi (1984), pembentukan gula - gula sederhana termasuk gula reduksi dari degradasi pati merupakan salah satu perubahan yang terjadi dalam pematangan. Oleh karena itu, penghambatan respirasi dan pematangan menyebabkan pembentukan gula reduksi terhambat pula akibatnya kadarnya rendah.

Sementara itu, jenis kemasan tidak berpengaruh terhadap kadar gula reduksi pisang *cavendish* dalam pematangan alami maupun dengan CaC_2 . Hal ini disebabkan pengukuran kadar gula reduksi dilakukan pada skor warna 7 atau pada pematangan optimum pisang *cavendish*, sehingga hasilnya relatif sama dan tidak dipengaruhi oleh jenis kemasan.

Kemasan polietilen densitas rendah, *stretch film*, *oriented polypropilen* dan polipropilen dapat digunakan untuk mengemas pisang berdasarkan kadar gula reduksi setelah penyimpanan dan pematangan.

6.3.3. Susut berat setelah penyimpanan dan pematangan

Jenis kemasan berpengaruh terhadap susut berat pisang *cavendish* yang disimpan. Susut berat pisang terkecil diberikan oleh polietilen densitas rendah, *stretch film*, *oriented polypropilen* dan polipropilen. Kemasan ini mampu menurunkan rata-rata susut berat hingga 14,44 persen dibanding pisang tanpa kemasan. Dengan demikian, pisang dalam kemasan tersebut mengalami susut berat 0,23 kali lebih kecil dibanding tanpa kemasan. Hasil ini sesuai dengan pendapat Scott *et al.*, (1983) yang menjelaskan bahwa pemakaian kemasan terutama polietilen densitas rendah dapat menurunkan susut berat dan kerusakan mekanis pisang. Hal ini nampaknya berkaitan dengan koefisien permeabilitas yang rendah terhadap CO_2 , O_2 , N_2 dan uap air dibanding tanpa kemasan. Koefisien permeabilitas sangat dipengaruhi oleh jumlah struktur lurus dan bercabang dari polimer kemasan (Coward, 1991).

Koefisien permeabilitas yang rendah menyebabkan konsentrasi CO_2 dalam kemasan lebih tinggi dibanding tanpa kemasan sehingga mampu menghambat respirasi karena persaingannya dengan etilen dalam menempati reseptor logam dari enzim ATP-ase (Beyer, 1979). Penghambatan ini menyebabkan terhambatnya respirasi atau pelepasan CO_2 dan H_2O (Apandi, 1984) yang berdampak pada menurunnya susut berat.

Hal tersebut sesuai pendapat Agustini (1997), yang menjelaskan bahwa susut berat merupakan indikator berlangsungnya respirasi dan

transpirasi. Penurunan susut berat menunjukkan adanya penghambatan respirasi dan transpirasi.

Pada pematangan alami, susut berat juga dipengaruhi oleh jenis kemasan. Kemasan polietilen densitas rendah justru menyebabkan susut berat terbesar yakni 1,25 kali lebih tinggi dibanding rata-rata susut berat pisang yang dikemas dengan *oriented polypropilen*, polipropilen dan tanpa kemasan.

Hasil tersebut nampaknya berkaitan dengan penghambatan respirasi dan pematangan pisang yang disimpan dalam kemasan polietilen densitas rendah, seperti penjelasan Gunadnya (1993).

Menurut Cowd (1991), polietilen densitas rendah mempunyai struktur polimer yang bercabang 3 persen dibanding polimer lurus. Kandungan ini mungkin lebih rendah dibanding kemasan yang lain, sehingga mampu memberikan koefisien permeabilitas lebih rendah terutama terhadap CO₂, akibatnya sirkulasi gas juga rendah. Hal ini menyebabkan konsentrasi CO₂ dalam kemasan mencapai optimum. Konsentrasi CO₂ yang optimum akan menghambat aktifitas enzim sehingga terjadi penghambatan respirasi .

Menurut Makfoeld (1992), laju respirasi sangat terkait erat dengan umur simpan dan lama pematangan buah. Oleh karena itu, penghambatan respirasi dalam penyimpanan akan memberikan tingkat kematangan pisang yang rendah. Tingkat kematangan ini memerlukan waktu yang lebih panjang pada uji kematangan alami, sehingga pisang

mengalami transpirasi dan respirasi yang panjang pula, akibatnya susut berat menjadi besar.

Sementara itu, jenis kemasan tidak berpengaruh nyata terhadap susut berat pisang *cavendish* dalam uji kematangan dengan CaC_2 . Hal ini sebagai akibat adanya gas asetilen yang mempunyai peran seperti etilen sehingga tidak menyebabkan kondisi pisang yang abnormal. Gas asetilen tersebut merupakan salah satu hasil reaksi antara CaC_2 dengan uap air.

Menurut Tranggono (1986), konsentrasi minimum hormon yang dibutuhkan pematangan akan dipercepat oleh pelepasan asetilen tersebut. Gas ini juga memajukan awal respirasi klimakterik (Susanto, 1994). Dengan demikian, lama pematangan dengan CaC_2 relatif sama akibatnya kehilangan air dan CO_2 juga sama sehingga susut berat yang terjadi juga relatif sama pula.

Berdasarkan susut berat setelah penyimpanan dan pematangan pisang maka *oriented polypropilen* dan polipropilen merupakan kemasan terbaik.

6.3.4. Kekerasan pada penyimpanan dan pematangan

Kekerasan pisang *cavendish* yang disimpan sangat dipengaruhi oleh jenis kemasan yang digunakan. Hal ini ditunjukkan oleh nilai teksturnya. Jenis kemasan yang berbeda cenderung memberikan nilai tekstur yang berbeda pula.

Pisang yang dikemas oleh polietilen densitas rendah, *stretch film* dan polipropilen memberikan rata-rata nilai tekstur terkecil. Rata-rata nilai ini 0,39 kali lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai tekstur pisang yang tidak dikemas. Hal ini menunjukkan bahwa kemasan tersebut cenderung mempertahankan tingkat kekerasan pisang *cavendish*.

Perubahan kekerasan merupakan salah satu indikasi terjadinya respirasi dan pematangan buah (Apandi, 1984). Oleh karena itu, kekerasan yang cenderung dipertahankan memperlihatkan adanya penghambatan respirasi dan pematangan. Penghambatan ini terjadi akibat konsentrasi CO_2 dalam kemasan lebih tinggi dibanding tanpa kemasan, karena mempunyai struktur polimer lurus lebih besar dibanding struktur bercabang akibatnya sirkulasi gas terhambat (Cowd, 1991)

Menurut Beyer (1979) konsentrasi CO_2 lebih tinggi dibanding tanpa kemasan menyebabkan enzim ATP-ase tidak mampu menyediakan energi untuk reaksi-reaksi dalam respirasi dan pematangan. Energi yang tidak tersedia tersebut menyebabkan aktifitas enzim lain dalam memecah substrat menurun, termasuk degradasi protopektin.

Sementara itu, jenis kemasan tidak berpengaruh terhadap kekerasan dalam uji kematangan pisang *cavendish* secara alami maupun dengan CaC_2 . Hal ini disebabkan kekerasan diukur pada pematangan optimum pisang *cavendish* (skor warna 7), sehingga nilai tekstur besarnya relatif sama.

Poliethilen densitas rendah, *stretch film* dan polipropilen merupakan kemasan paling cocok untuk pisang cavendish berdasarkan nilai teksturnya.

6.3.5. Nilai matriks perkalian bobot dengan mutu

Nilai ini untuk mengetahui kemasan yang mampu menghambat laju respirasi maupun pematangan tetapi tetap memberikan mutu pisang *cavendish* terbaik. Tabel 5.17 memperlihatkan bahwa poliethilen densitas rendah mempunyai nilai matriks perkalian (bobot dengan mutu) terkecil (18,06), sedang tanpa kemasan mempunyai nilai terbesar (28,32). Ini berarti poliethilen densitas rendah mempunyai variabel mutu terukur yang terkecil dibanding kemasan lain atau tanpa kemasan.

Sesuai pendapat Gunadnya (1993), hasil tersebut disebabkan poliethilen densitas rendah mampu membentuk kondisi MA yang sesuai untuk pisang *cavendish* sehingga menghambat laju respirasi maupun pematangan tanpa mengubah mutunya.

Kemampuan poliethilen densitas rendah membentuk kondisi MA, karena koefisien permeabilitasnya terhadap CO₂ lebih rendah dari yang lain. Koefisien permeabilitas rendah ini disebabkan oleh jumlah struktur polimer lurus lebih besar dibanding polimer bercabang. Kandungan struktur polimer bercabang adalah 3 persen dari struktur polimer lurus (Cowd, 1991)

Konsentrasi CO₂, O₂ dan kelembaban relatif dalam kemasan

Jenis kemasan sangat berpengaruh terhadap konsentrasi CO₂ dalam kemasan pisang *cavendish*. Hal ini disebabkan setiap kemasan mempunyai koefisien permeabilitas terhadap CO₂ yang berbeda dengan lainnya (Tomkins, 1962 dan Daun *et al.*, 1973) sehingga sirkulasi CO₂ melalui kemasan juga berbeda.

Kemasan dengan koefisien permeabilitas tinggi terhadap CO₂ akan menyebabkan konsentrasi CO₂ yang lebih rendah, jika digunakan untuk mengemas produk hortikultura segar (Syarif dan Halid, 1992). Polietilen densitas rendah, *oriented polypropilen* dan polipropilen memberikan rata-rata konsentrasi CO₂ sebesar 3,98 persen lebih tinggi atau 132,67 kali lebih besar dibanding penyimpanan tanpa kemasan.

Jenis kemasan juga berpengaruh sangat nyata terhadap konsentrasi O₂ dalam kemasan. Hal ini disebabkan koefisien permeabilitas kemasan terhadap O₂ berbeda-beda, sehingga sirkulasi O₂ melalui kemasan juga berbeda. Penjelasan ini sesuai pendapat Tomkins (1962) yang menyebutkan bahwa koefisien permeabilitas yang berbeda memberikan konsentrasi yang berbeda dalam ruang kemasan.

Kemasan dengan koefisien permeabilitas tinggi terhadap O₂ akan menyebabkan konsentrasi O₂ lebih tinggi pula jika digunakan untuk mengemas produk hortikultura segar (Syarif dan Halid, 1992).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa polietilen densitas rendah, *oriented polypropilen*, polipropilen mempunyai konsentrasi O₂ terendah.

Konsentrasi rata-ratanya adalah 16,56 persen atau 0,79 kali lebih rendah dibanding penyimpanan tanpa kemasan.

Selain itu, kelembaban relatif dalam kemasan juga dipengaruhi oleh jenis kemasan. Hasil penelitian memperlihatkan *oriented polypropilen*, polipropilen mempunyai kelembaban relatif tertinggi. Kelembaban yang diberikan adalah 5,34 persen lebih tinggi dibanding *stretch film* dan tanpa kemasan. Hasil tersebut sesuai dengan pendapat Syarif dan Halid (1992) yang menjelaskan bahwa kemasan dengan koefisien permeabilitas tinggi terhadap H₂O akan mempunyai kelembaban relatif rendah, sedang koefisien permeabilitas rendah akan memberikan kelembaban relatif yang tinggi dalam kemasan.

Penjelasan tersebut berhubungan dengan jumlah struktur polimer lurus dan bercabang, yang masing-masing memberikan susunan kristalin dan amorf. Kemasan dengan struktur polimer bercabang lebih besar akan mempunyai pori-pori lebih banyak (Cowd, 1991). Dengan demikian sirkulasi gas dan uap air lebih mudah terjadi sehingga konsentrasi gas dalam kemasan tidak stabil. Hal ini berarti kemasan dengan struktur polimer bercabang lebih banyak akan mempunyai koefisien permeabilitas yang lebih besar.

6.3.7. Penentuan kemasan

Penentuan kemasan didasarkan pada metode Mannapperuma *et al.*, (1989), yang menggunakan metode grafik. Hal ini

dapat dilihat pada Gambar 5.8 yang menunjukkan bahwa garis kemasan polietilen densitas rendah melewati daerah MA pisang *cavendish*, sedangkan garis kemasan polipropilen menyinggung daerah MA tersebut.

Menurut Mannapperuma *et al.*, (1989), kemasan polietilen densitas rendah dan polipropilen dapat digunakan sebagai kemasan pisang *cavendish*. Hal ini disebabkan polietilen densitas rendah dan polipropilen dapat memenuhi kisaran gas O_2 dan CO_2 dalam daerah MA. Namun, nilai matriks perkalian antara bobot dengan mutu pisang *cavendish*, menunjukkan polietilen densitas rendah mempunyai nilai matriks terkecil. Hal ini berarti polietilen densitas rendah lebih mampu menghambat laju respirasi maupun pematangan tetapi tetap mempertahankan mutu pisang *cavendish* terbaik. Oleh karena itu polietilen densitas rendah dipilih sebagai kemasan yang paling sesuai untuk pisang *cavendish*. Hasil ini sesuai dengan pendapat Zagory dan Kader (1988) yang menjelaskan bahwa hanya polietilen densitas rendah dan polivinil klorida yang paling banyak digunakan untuk mengemas hasil hortikultura segar.

6.4. Percobaan IV : Penentuan Konsentrasi Media Perendaman dalam Bensiladenin maupun Asam Giberelin

Pembahasan meliputi pengaruh konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin terhadap skor warna, lama pematangan, kadar gula reduksi penyimpanan dan pematangan, susut

berat penyimpanan dan pematangan, kekerasan pada penyimpanan dan pematangan pisang *cavendish*.

6.4.1. Skor warna dan lama pematangan

Skor warna pisang sangat dipengaruhi oleh konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin. Konsentrasi media perendaman yang berbeda cenderung menghasilkan skor warna pisang *cavendish* yang berbeda pula.

Pisang tanpa perendam maupun yang direndam dalam 1, 2, 3 ppm BA, 25 ppm GA₃ memberikan skor warna terkecil sedang 50, 75 ppm GA₃ menyebabkan skor warna terbesar. Rata-rata skor warna terkecil adalah 2,60 sedang skor terbesar adalah 3,56. Di sini terlihat bahwa penghambatan perubahan warna dalam pematangan tergantung kisaran konsentrasi optimum dari hormon tumbuhan. Hal ini sesuai dengan pendapat Abidin (1982) yang menjelaskan bahwa penghambatan pematangan dan penuaan hasil tumbuhan dipengaruhi oleh konsentrasi optimum, jenis hormon dan interaksi antar hormon tumbuhan. Sedangkan menurut Manurung (1985) keefektifan pemakaian hormon tumbuhan ditentukan oleh konsentrasi, saat aplikasi maupun fase perkembangan organ tumbuhan. Lebih lanjut juga dijelaskan bahwa hormon tumbuhan dapat menyebabkan hasil yang tidak konsisten. Hal ini tidak berarti hormon tumbuhan yang digunakan tidak efektif, tetapi keaktifanbekerjanya bersifat spesifik.

Pendapat tersebut didukung oleh Salunkhe dan Desai (1984) maupun Makfoeld (1992). Menurut Salunkhe dan Desai (1984), penghambatan pematangan pisang dapat dilakukan dengan pencelupan dalam 50 ppm asam giberelin (GA_3) maupun 2 ppm bensiladenin (BA). Sedangkan menurut Makfoeld (1992) perendaman mangga dalam 50 ppm GA_3 selama 5 menit dapat menurunkan laju respirasi dan menghambat pematangan.

Pendapat lain menyebutkan bahwa pemberian bensiladenin (BA) tidak berpengaruh terhadap respirasi klimakterik dari apel, aprikot dan apokat, namun menunda kehilangan klorofil dan meningkatkan karotenoid pada beberapa buah lain (Susanto, 1994).

Penghambatan laju respirasi dan pematangan pisang oleh bensiladenin dan asam giberelin pada kondisi optimum, belum diketahui dengan pasti mekanismenya. Menurut Bidwell (1979), bensiladenin dan asam giberelin menghambat pembentukan etilen dan sintesis enzim-enzim pematangan buah. Penghambatan pembentukan etilen terjadi karena terhambatnya aktifitas asam indol asetat oksidase yang berfungsi sebagai stimulator. Menurut Wattimena (1987) penghambatan terjadi akibat terhambatnya sintesis protein enzim pada tahap transkripsi dan translasi. Sedangkan menurut Heddy (1989), bensiladenin dan asam giberelin dapat terikat pada sisi aktif enzim yang berperan dalam pematangan. Pengikatan ini dapat menurunkan aktifitas enzim dalam memecah substrat.

Konsentrasi media perendaman juga berpengaruh terhadap lama pematangan pisang pada uji kematangan secara alami. Perendaman dalam 2 ppm BA menghasilkan lama pematangan alami pisang 1,31 kali lebih panjang dibanding rata-rata lama pematangan yang diakibatkan oleh perendaman dalam 1, 3 ppm BA, 25, 50, 75 ppm GA₃ maupun tanpa perendaman. Hal ini disebabkan pisang dalam perendaman 2 ppm BA mempunyai tingkat kematangan yang lebih rendah dibanding dalam perendaman lain, akibatnya membutuhkan waktu pematangan alami yang lebih panjang. Penjelasan ini sesuai pendapat Bidwell (1979) yang menyebutkan bahwa BA berperan sebagai anti penuaan sehingga dapat memperpanjang umur simpan. Pendapat serupa juga dikemukakan oleh Salunkhe dan Desai (1984) menjelaskan bahwa pemakaian 50 ppm GA₃ dan 2 ppm BA dapat menghambat pematangan.

Sementara itu, konsentrasi media perendaman tidak berpengaruh terhadap lama pematangan dengan menggunakan CaC₂. Hal ini disebabkan kondisi abnormal pisang tidak terjadi karena CaC₂ akan bereaksi dengan uap air yang dilepas pada respirasi. Hasil reaksi berupa CaO dan gas asetilen yang peranannya serupa etilen (Susanto, 1994). Asetilen ini merupakan gas yang dapat menyebabkan respirasi klimakterik yang lebih awal. Dengan demikian lama pematangan dengan CaC₂ membutuhkan waktu yang relatif sama, dan pengaruh konsentrasi perendaman menjadi tidak nyata.

Konsentrasi perendaman terbaik diberikan oleh tanpa perendaman maupun perendaman dalam 2 ppm BA yang berdasarkan skor warna dan lama pematangan.

6.4.2. Kadar gula reduksi setelah penyimpanan dan pematangan

Konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin sangat berpengaruh terhadap kadar gula reduksi pisang *cavendish* yang disimpan. Rata-rata kadar gula reduksi dari pisang tanpa perendaman maupun yang direndam dalam 1, 2, 3 ppm BA, 25 ppm GA₃ adalah 0,67 kali lebih kecil dibanding perendaman dalam 50, 75 ppm GA₃. Di sini terlihat bahwa konsentrasi asam giberelin yang semakin besar justru tidak mampu menghambat pematangan, terutama pemecahan pati menjadi gula reduksi oleh amilase, maltase dan invertase. Dengan demikian penghambatan dapat terjadi bila konsentrasi hormon tumbuhan mencapai optimum. Hal ini sesuai dengan penjelasan yang menyebutkan bahwa konsentrasi optimum, jenis hormon dan interaksi antar hormon yang digunakan, dapat menghambat pematangan maupun penuaan hasil tumbuhan. Pendapat ini diperkuat oleh Manurung (1985) yang menyebutkan bahwa keefektifan hormon dalam menghambat pematangan dan penuaan hasil tumbuhan sangat tergantung pada konsentrasi, saat aplikasi maupun fase perkembangan organ tumbuhan. Dengan demikian ditunjukkan bahwa keaktifan kerja hormon adalah sangat spesifik.

Pada kondisi optimum, bensiladenin dan asam giberelin dapat menghambat pembentukan etilen dan sintesis protein enzim (Bidwell,

1979). Penghambatan pembentukan etilen terjadi karena terhambatnya stimulator dalam pembentukan etilen. Sedangkan menurut Wattimena (1987) penghambatan terjadi pada pembentukan protein enzim dalam tahap transkripsi dan translasi. Selain itu, bensiladenin dan asam giberelin dapat terikat pada sisi aktif enzim yang berperan dalam pematangan sehingga menurunkan aktifitasnya.

Sementara itu, konsentrasi perendaman tidak berpengaruh terhadap kadar gula reduksi pada pematangan pisang *cavendish* baik secara alami maupun dengan CaC_2 . Ketidakadaan pengaruh ini disebabkan kadar gula reduksi pisang *cavendish* diukur pada pematangan optimum (skor warna 7), sehingga kadarnya relatif sama.

Berdasarkan kadar gula reduksi setelah penyimpanan dan pematangan pisang *cavendish* maka tanpa perendaman maupun perendaman dalam 1, 2, 3 ppm BA, 25 ppm GA_3 memberikan konsentrasi media perendaman terbaik.

6.4.3. Susut berat setelah penyimpanan dan pematangan

Pada penyimpanan, susut berat sangat dipengaruhi oleh konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin dan asam giberelin. Perendaman dalam 1, 2, 3 ppm BA, 25, 50 ppm GA_3 menyebabkan rata-rata susut berat 0,77 kali lebih kecil dibanding 75 ppm GA_3 . Di sini nampak adanya peningkatan kehilangan berat pisang oleh perendamannya dalam 75 ppm GA_3 . Dengan demikian, konsentrasi

semakin tinggi tidak selalu meningkatkan penghambatan kematangan. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi hormon tumbuhan memberikan hasil yang tidak konsisten karena keaktifannya bersifat spesifik (Manurung, 1985). Lebih lanjut dijelaskan bahwa keefektifan dalam aplikasinya tergantung pada konsentrasi, saat aplikasi maupun fase perkembangan organ tumbuhan.

Pendapat serupa juga diberikan oleh Abidin (1982) yang menjelaskan bahwa konsentrasi optimum, jenis hormon dan interaksi antar hormon tumbuhan yang ditambahkan dapat menghambat pematangan dan penuaan hasil tumbuhan.

Selain itu mungkin juga sesuai dengan pendapat Pantastico (1975) yang menyebutkan bahwa perlakuan dengan bensiladenin (BA) dapat menurunkan kehilangan berat beberapa buah tropis dalam penyimpanan karena penghambatan proses fisiologis. Penghambatan tersebut berkaitan dengan penghambatan sintesis enzim-enzim pematangan dan pembentukan etilen (Bidwell, 1979). Penghambatan ini menyebabkan terhambatnya respirasi dan pematangan, sehingga pelepasan CO_2 dan H_2O juga terhambat, akibatnya susut beratnya rendah.

Pada pematangan alami, konsentrasi media perendaman juga sangat berpengaruh terhadap susut berat pisang *cavendish*. Rata-rata susut berat pisang tanpa perendaman dan yang direndam dalam 1, 2 ppm BA adalah 1,20 kali lebih besar dibanding perendaman dalam 75 ppm GA_3 .

Hasil tersebut di atas menunjukkan bahwa pisang tanpa perendaman dan yang direndam dalam 1, 2 ppm BA mempunyai tingkat kehilangan berat (pada pematangan alami) cukup besar. Hal ini mungkin disebabkan pisang selama penyimpanan mengalami penghambatan laju respirasi dan pematangan, akibat terhambatnya sintesis enzim, pembentukan etilen serta menurunnya aktifitas enzim. Keadaan ini berpengaruh terhadap tingkat kematangan pisang yang rendah akibatnya membutuhkan lama pematangan alami lebih panjang. Lama pematangan alami yang panjang menyebabkan proses respirasi dan transpirasi juga panjang. Menurut Apandi (1984) dalam respirasi terjadi pelepasan CO_2 dan H_2O sedang dalam transpirasi diuapkan H_2O (Tranggono, 1986). Dengan demikian, lama pematangan alami yang panjang menyebabkan tingkat kehilangan berat menjadi besar.

Sementara itu, konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin tidak berpengaruh terhadap susut berat pisang *cavendish* dalam pematangan dengan CaC_2 . Hal ini disebabkan pemberian CaC_2 justru menyebabkan tersedianya asetilen yang mempunyai sifat serupa etilen, karena CaC_2 bereaksi dengan uap air dan melepaskan asetilen serta meninggalkan CaO . Asetilen ini justru mempercepat dicapainya konsentrasi ambang hormon pematangan sehingga memajukan awal respirasi klimakterik. Hal inilah yang menyebabkan konsentrasi perendaman tidak berpengaruh nyata terhadap susut berat pematangan dengan CaC_2 .

Konsentrasi perendaman terbaik berdasarkan susut berat pisang setelah penyimpanan dan pematangan diberikan oleh perendaman dalam 3 ppm BA, 25, 50 ppm GA₃.

6.4.4. Kekerasan daging buah pada penyimpanan dan pematangan

Konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin sangat berpengaruh terhadap kekerasan daging buah pisang *cavendish* yang disimpan, seperti ditunjukkan oleh nilai teksturnya. Konsentrasi media perendaman yang berbeda cenderung memberikan nilai tekstur daging buah yang berbeda pula.

Pisang tanpa perendaman dan yang direndam dalam 1, 2 ppm BA, 25, 50 ppm GA₃ memberikan rata-rata nilai tekstur 0,70 kali lebih kecil dibanding dengan perendaman dalam 3 ppm BA dan 75 ppm GA₃. Di sini, kekerasan pisang cenderung dipertahankan oleh tanpa perendaman maupun perendaman dalam 1, 2 ppm BA, 25, 50 ppm GA₃ dibanding dalam 3 ppm BA dan 75 ppm GA₃. Hal ini menunjukkan bahwa kerja hormon tumbuhan yang spesifik dalam menghambat pematangan dan penuaan. Menurut Abidin (1982) penghambatan pematangan dan penuaan hasil tumbuhan tergantung pada konsentrasi optimum, jenis hormon dan interaksi antar hormon yang ditambahkan.

Pada pematangan terjadi perubahan - perubahan secara fisik maupun kimia, seperti degradasi protopektin menjadi pektin dan asam pektinat serta pati menjadi gula - gula sederhana (Tranggono, 1986). Hal ini diperkuat oleh Makfoeld (1992) yang menyebutkan bahwa perubahan

kekerasan sangat dipengaruhi oleh atribut fisik maupun kimia. Dengan demikian, penghambatan proses tersebut menyebabkan dipertahankannya kekerasan daging buah. Penghambatan degradasi tersebut terjadi karena peranan bensiladenin dan asam giberelin dalam menghambat pembentukan etilen sebagai hormon pematangan (Bidwell, 1979), sintesis protein enzim pada tahap transkripsi dan translasi (Wattimena, 1987) serta menurunnya aktifitas enzim (Heddy, 1989).

Sementara itu, kekerasan daging buah pisang dalam uji kematangan secara alami maupun dengan CaC_2 tidak dipengaruhi oleh konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin. Hal ini disebabkan pengukuran kekerasannya dilakukan ketika pisang matang optimum. Dengan demikian, nilai tekstur menunjukkan hasil yang relatif sama dan tidak dipengaruhi oleh konsentrasi perendaman.

Sementara itu, berdasarkan kekerasan daging buah pisang maka konsentrasi media perendaman terbaik diberikan oleh perendaman dalam 2 ppm BA.

6.4.5. Kekerasan kulit buah setelah penyimpanan dan pematangan

Kekerasan kulit buah pisang *cavendish* yang disimpan sangat dipengaruhi konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin, seperti ditunjukkan oleh nilai teksturnya. Perendaman dalam 75 ppm GA_3 memberikan nilai tekstur 1,69 kali lebih besar dibanding rata-rata nilai tekstur pisang tanpa perendaman maupun yang

direndam dalam 1, 2, 3 ppm BA, 25, 50 ppm GA₃. Hal ini berarti pisang tanpa perendaman maupun yang direndam dalam 1, 2, 3 ppm BA, 25, 50 ppm GA₃ mengalami penghambatan pematangan. Hasil tersebut menunjukkan sifat aktifitas yang spesifik dari hormon tumbuhan dalam menghambat pematangan. Keefektifan hormon tersebut sangat tergantung pada konsentrasi optimum, jenis hormon maupun interaksi antar hormon yang digunakan.

Penghambatan pematangan tersebut menyebabkan terhambatnya degradasi protopektin menjadi pektin, asam pektinat dan asam D-galakturonat yang masing-masing dilakukan oleh protopektinase, pektin metilesterase dan poligalakturonase, akibatnya nilai tekstur cenderung tetap. Penghambatan pematangan terjadi akibat terhambatnya pembentukan etilen karena menurunnya aktifitas stimulatornya. Selain itu, terhambatnya sintesis enzim (Wattimena, 1987) serta menurunnya aktifitas enzim-enzim pematangan (Heddy, 1989).

Sementara itu, konsentrasi media perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin tidak berpengaruh terhadap nilai tekstur dari kulit buah pisang *cavendish* pada pematangan alami maupun dengan menggunakan CaC₂. Hal ini disebabkan pengukuran kekerasan dilakukan pada pisang *cavendish* yang matang optimum sehingga nilai tekstur dari kulit buah menunjukkan hasil yang relatif sama dan tidak dipengaruhi oleh konsentrasi perendaman dalam bensiladenin maupun asam giberelin.

Konsentrasi media perendaman terbaik berdasarkan nilai tekstur kulit buah diberikan oleh seluruh konsentrasi kecuali 75 ppm GA_3

6.4.6. Nilai matriks perkalian bobot dengan mutu

Nilai ini untuk memilih konsentrasi optimum untuk perendaman pisang *cavendish* dalam hormon tumbuhan. Konsentrasi media perendaman optimum adalah yang mampu menghambat laju respirasi maupun pematangan tetapi tetap mempertahankan mutu terbaik.

Nilai matriks perkalian (bobot dengan mutu) terkecil menunjukkan bahwa variabel mutu pisang *cavendish* yang terukur mengalami sedikit perubahan dari keadaan awalnya. Hal ini berarti pisang *cavendish* mengalami penghambatan laju respirasi maupun pematangan. Oleh karena itu konsentrasi media perendaman dalam 2 ppm BA dengan nilai 18,13 dipilih sebagai konsentrasi media perendaman terbaik atau optimum. Hal ini didukung oleh pemakaian hormon yang jauh dari batas maksimum yang diperbolehkan. Menurut Abidin (1982), batas pemakaian BA adalah 1.380 ppm sedang GA_3 adalah 25.000 ppm.

6.5. Percobaan V : Penentuan Masa Simpan

Pembahasan meliputi pengaruh lama penyimpanan terhadap skor warna, lama pematangan, kadar gula reduksi, kadar total gula, kadar total asam, pH, total padatan terlarut, kadar tanin, rasio gula/asam, rasio berat daging/kulit, kekerasan daging dan kulit buah, susut berat dan kerusakan.

6.5.1. Skor warna dan lama pematangan

Perubahan warna merupakan perubahan yang paling menonjol dalam pematangan (Apandi, 1984). Untuk mendapatkan kriteria warna yang obyektif dinyatakan dengan skor warna.

Lama penyimpanan sangat berpengaruh terhadap skor warna. Lama penyimpanan semakin panjang akan memperbesar skor warna. Hal ini disebabkan pisang yang disimpan masih mengalami respirasi maupun pematangan dengan disertai degradasi klorofil dan menampaknya karoten dan xantofil. Klorofil sebagai pigmen hijau didegradasi oleh klorofilase sehingga terbentuk klorofilin, klorin dan purpurin (Widjanarko, 1991). Sementara itu, kandungan karoten dan xantofil sebagai pigmen kuning yang nampak dalam pisang matang optimum antara 20 sampai dengan 105 ppm (Kartasapoetra, 1994).

Setelah pematangan, pisang mengalami penuaan dengan disertai matinya jaringan akibat terbentuknya racun yang berupa asetaldehida dan alkohol (Kartasapoetra, 1994). Kematian jaringan ini ditandai dengan timbulnya bercak-bercak coklat. Dengan demikian terjadi perubahan warna dari hijau ke kuning, kemudian dari kuning ke kuning berbercak coklat atau hitam (Makfoeld, 1992), akibatnya skor warna yang diberikan akan semakin tinggi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata skor warna terendah (nilai = 2,7) diberikan oleh pisang dalam penyimpanan 0, 7, 14, 21 dan 28 hari, sedang tertinggi (nilai 12) diberikan oleh pisang dalam 49 hari.

Skor warna untuk kematangan optimum dicapai dalam 35 dan 42 hari seperti terlihat pada Tabel 5.19.

Lama penyimpanan juga sangat berpengaruh terhadap lama pematangan pisang *cavendish* secara alami. Lama penyimpanan semakin panjang (antara 0 sampai dengan 42 hari), menyebabkan lama (waktu) pematangan pada uji kematangan secara alami semakin pendek. Penyimpanan 0 dan 7 hari memberikan rata-rata lama pematangan alami 7,67 hari lebih panjang dibanding pisang dalam penyimpanan 28 dan 35 hari.

Hasil tersebut di atas disebabkan pisang terus mengalami proses respirasi maupun pematangan selama penyimpanan akibatnya tingkat kematangan semakin tinggi atau semakin mendekati kondisi optimum (Annijawati,1993), sehingga pada uji kematangan alami membutuhkan waktu yang semakin pendek. Dengan demikian, lama (waktu) pematangan pada uji kematangan alami tergantung pada lama penyimpanannya.

Sementara itu, lama pematangan dengan CaC_2 tidak dipengaruhi oleh lama simpannya karena penggunaan senyawa tersebut justru menyediakan gas asetilen karena reaksinya dengan uap air. Keberadaan gas tersebut akan memajukan awal respirasi klimakterik ketika konsentrasinya mencapai nilai ambang hormon pematangan (Susanto, 1994). Dengan demikian, lama pematangan membutuhkan waktu yang

relatif sama, akibatnya pengaruh lama penyimpanan terhadap lama pematangan dengan CaC_2 menjadi tidak nyata.

Berdasarkan skor warna dan lama penyimpanan maka penyimpanan 42 hari merupakan masa simpan maksimum pisang *cavendish*.

6.5.2. Kadar gula reduksi dan total gula

Lama penyimpanan sangat berpengaruh terhadap kadar gula reduksi dan kadar total gula pisang *cavendish*. Kadar gula reduksi dan total gula tertinggi terjadi pada 42 hari penyimpanan. Kadar masing-masing adalah 11,52 dan 15,39 persen dari rata-rata kadar gula reduksi dan total gula dalam penyimpanan 0, 7 dan 14 hari. Hal ini sesuai dengan pendapat Mahendra (1990) yang menyebutkan bahwa peningkatan kadar gula reduksi dan total gula pisang yang matang optimum masing-masing berkisar antara 7 sampai dengan 19 persen dan 13 sampai dengan 20 persen. Hasil tersebut di atas terjadi karena pisang terus mengalami respirasi dan pematangan selama penyimpanan. Pada pematangan, pati oleh amilase dipecah menjadi maltosa, selanjutnya maltosa diubah oleh maltase menjadi glukosa. Selain itu, pati dapat dipecah oleh fosfatase, fosfoglukomutase, fosfoheksoisomerase melalui serangkaian tahap reaksi membentuk sukrosa. Sukrosa akan mengalami inversi menjadi glukosa dan fruktosa dengan katalis invertase (Pantastico, 1975). Kedua gula terakhir ini merupakan gula reduksi. Menurut Mahendra (1990), akumulasi

tertinggi dari gula reduksi maupun total gula terjadi pada kematangan optimum.

Menurut Tranggono (1986) maupun Syarief dan Halid (1992), setelah kondisi optimum (puncak klimakterik), gula reduksi dan total gula berkurang karena sebagian diubah menjadi asetaldehida dan alkohol. Lebih lanjut dijelaskan bahwa alkohol dihasilkan dari asetaldehida yang mengalami dehidrogenasi. Sementara itu, asetaldehida merupakan hasil kerja piruvat dekarboksilase dengan substrat asam piruvat.

Selain itu diketahui bahwa kadar gula reduksi maupun total gula pada pematangan pisang *cavendish* secara alami maupun dengan CaC_2 tidak dipengaruhi oleh lama penyimpanan. Hal ini disebabkan pengukuran kadar gula reduksi dan total gula dilakukan pada pisang yang matang optimum (skor warna 7), sehingga besarnya relatif sama dan tidak dipengaruhi oleh lama penyimpanan.

Berdasarkan kadar gula reduksi dan total gula maka masa simpan maksimum pisang *cavendish* adalah 42 hari.

6.5.3. Kadar total asam dan pH

Lama penyimpanan sangat berpengaruh terhadap kadar total asam pisang *cavendish*. Rata-rata kadar total asam tertinggi diberikan oleh 35 dan 42 hari yaitu 2,56 kali lebih besar dibanding rata-rata kadar yang diberikan oleh 0, 7, 14 dan 21 hari. Hal ini disebabkan pisang masih mengalami respirasi dan pematangan selama penyimpanan. Selama respirasi terjadi pelepasan CO_2 dan H_2O serta pembentukan asam-asam

organik melalui siklus Krebs, yang diawali dari asam oksalat, asam malat dan asam sitrat (Wills *et al.*, 1984).

Selanjutnya diterangkan oleh Apandi (1984) bahwa kadar asam organik pisang yang disimpan akan meningkat hingga kematangan optimumnya. Pendapat serupa menyebutkan bahwa penyimpanan pisang hingga matang optimum mengakibatkan peningkatan asam tertitrasi sampai tiga kali lipatnya (Mahendra, 1990).

Lama penyimpanan juga berpengaruh terhadap pH pisang *cavendish*. Penyimpanan pisang selama 42 hari menurunkan pH pisang yang semula 5,08 menjadi 4,16. Hal ini sesuai pendapat Mahendra (1990), yang menunjukkan bahwa pH pisang mengalami penurunan yang semula 5,4 menjadi 4,3. Penurunan ini sebagai akibat meningkatnya sintesis asam-asam organik dalam siklus Krebs seperti asam sitrat, asam isositrat, asam suksinat, asam fumarat, asam malat dan asam oksaloasetat (Makfoeld, 1992).

Selain itu ditunjukkan bahwa lama penyimpanan tidak berpengaruh terhadap total asam dan pH pisang *cavendish* dalam pematangan alami maupun dengan $CaCl_2$. Pengaruh ini tidak nyata karena pengukuran kedua variabel tersebut dilaksanakan pada pisang yang sudah matang optimum, akibatnya nilainya relatif sama.

Sementara itu, masa simpan maksimum pisang *cavendish* berdasarkan kadar total asam dan pH adalah 42 hari.

6.5.4. Total padatan terlarut dan kadar tanin

Total padatan terlarut sangat dipengaruhi lama penyimpanan pisang *cavendish*. Lama penyimpanan 42 hari meningkatkan total padatan terlarut sebesar 17,23°Brix dari rata-rata yang diberikan oleh penyimpanan 0, 7 dan 14 hari. Terjadinya peningkatan ini sesuai dengan pendapat Mahendra (1990) yang menjelaskan bahwa penyimpanan pisang hingga matang optimum mengalami peningkatan total padatan terlarut sebesar 13,5°Brix.

Hasil tersebut di atas sebagai akibat masih berlanjutnya respirasi dan pematangan pisang selama penyimpanan. Dalam penyimpanan ini terjadi penguraian senyawa makromolekul yang tidak larut air menjadi senyawa sederhana yang larut air (Kartasapoetra, 1994).

Penguraian tersebut antara lain pemecahan pati oleh amilase, maltase dan invertase menjadi glukosa dan fruktosa, hidrolisis protein oleh protease menjadi asam amino, degradasi protopektin oleh protopektinase, pektin metilesterase dan poligalakturonase menjadi pektin dan asam pektinat, dan sebagainya (Widjanarko, 1991). Dengan demikian, akumulasi total padatan terlarut semakin besar.

Lama penyimpanan juga sangat berpengaruh terhadap kadar tanin pisang *cavendish*. Rata-rata kadar tanin pisang yang diberikan oleh penyimpanan 0, 7, 14 dan 21 hari mengalami penurunan 1,96 persen dibanding 28, 35, 42 dan 49 hari. Sedang Mahendra (1990) menunjukkan

penurunan tanin sebesar 3,4 persen selama penyimpanan pisang hingga kematangan optimum.

Penurunan tersebut di atas disebabkan senyawa tanin secara bertahap mengalami kondensasi sehingga hilang kemampuannya untuk membentuk suatu kompleks dengan protein (Tranggono, 1986), sehingga kadarnya menurun.

Sementara itu, lama penyimpanan tidak berpengaruh terhadap total padatan terlarut maupun kadar tanin pisang *cavendish* pada pematangan alami maupun dengan $CaCl_2$. Ketidakhadiran pengaruh ini disebabkan kadarnya diukur pada kondisi pisang matang optimum akibatnya memberikan hasil yang relatif sama.

Berdasarkan total padatan terlarut dan kadar tanin maka masa simpan pisang *cavendish* adalah 42 hari.

6.5.5. Rasio gula / asam dan rasio berat daging / kulit

Rasio gula/asam merupakan salah satu kriteria untuk mengetahui tingkat kematangan pisang (Simmonds, 1966). Rasio gula/asam pisang *cavendish* sangat dipengaruhi oleh lama penyimpanannya.

Rata-rata rasio gula/asam dalam penyimpanan 42 dan 49 hari dibanding 0, 7 dan 14 hari mengalami peningkatan 1,97 kali lebih besar. Menurut Palmer (1971) peningkatan rasio gula/asam dari pisang yang disimpan hingga kematangannya adalah 3,61 kali lebih besar dibanding keadaan mentahnya.

Peningkatan tersebut terjadi karena pisang terus melanjutkan respirasi dan pematangan selama penyimpanan. Perubahan dalam respirasi dan pematangan pisang antara lain pemecahan pati menjadi gula-gula sederhana serta pembentukan asam-asam organik (Simmonds, 1966).

Menurut Makfoeld (1992), gula merupakan hasil utama dari proses pematangan sedang asam - asam organik merupakan hasil antara reaksi-reaksi metabolisme melalui siklus Krebs (Susanto, 1994). Oleh karena itu penyimpanan semakin panjang menyebabkan peningkatan jumlah gula sederhana semakin besar dibanding asam-asam organik, sehingga rasio gula /asam juga semakin besar.

Selain itu , tingkat kematangan dapat dinyatakan sebagai rasio berat daging/kulit (Von Loesecke, 1949). Rasio berat daging/kulit dalam penyimpanan sangat dipengaruhi oleh lama penyimpanan.

Penyimpanan 0, 7, 14, 21, 28 dan 35 hari memberikan rata-rata rasio berat daging/kulit pisang sebesar 0,8 kali lebih kecil dibanding rata-ratanya dalam penyimpanannya dalam 35, 42 dan 49 hari. Menurut Mahendra (1990), pisang yang disimpan hingga matang optimum mengalami peningkatan rasio berat daging/kulit sebesar 1,59 kali dibanding buah mentahnya.

Hasil tersebut akibat terjadinya peningkatan berat daging buah karena meningkatnya kadar air selama pematangan. Peningkatan ini disebabkan perpindahan air dari kulit dan tangkai ke dalam daging buah

akibat perbedaan konsentrasi gula (Von Loesecke, 1949). Menurut Tranggono (1986), penurunan susut berat kulit selain akibat difusi air ke dalam daging buah, juga akibat transpirasi. Dengan demikian selama penyimpanan rasio berat daging/kulit buah juga meningkat.

Lama penyimpanan juga berpengaruh terhadap rasio berat daging/ kulit dalam pematangan alami. Penyimpanan 28 dan 35 hari menurunkan rata-rata rasio berat daging/kulit pisang dalam pematangan alami sebesar 0,50 kali lebih kecil dibanding penyimpanannya dalam 0 hari. Penurunan ini nampaknya berhubungan dengan waktu yang dibutuhkan dalam pematangan.

Seperti telah dijelaskan bahwa rasio gula/asam dan rasio berat daging/kulit merupakan kriteria untuk mengetahui tingkat kematangan (Von loesecke, 1949 dan Simmonds, 1966). Oleh karena itu rasio yang kecil menunjukkan bahwa pisang mempunyai tingkat kematangan rendah. Menurut Annijawati (1993), pisang dengan tingkat kematangan rendah membutuhkan waktu pematangan yang panjang.

Selama pematangan dan respirasi, hasil hortikultura mengalami juga transpirasi. Menurut Tranggono (1986), transpirasi menyebabkan susut berat. Lebih lanjut dijelaskan bahwa susut berat lebih banyak terjadi pada kulit dibanding daging buah. Dengan demikian, lama pematangan alami yang panjang memberikan rasio berat daging/kulit yang besar pula.

Sementara itu, lama penyimpanan tidak mempengaruhi rasio berat daging/kulit pada pematangan dengan $CaCl_2$. Seperti penjelasan

sebelumnya penggunaan CaC_2 tidak menyebabkan kondisi yang abnormal, justru mempercepat pematangan ketika reaksinya dengan uap air menimbulkan asetilen. Dengan demikian, waktu yang dibutuhkan pematangan relatif sama akibatnya besarnya rasio berat daging/kulit juga sama dan tidak dipengaruhi oleh lama penyimpanan.

Masa simpan maksimum pisang *cavendish* berdasarkan rasio gula/asam dan rasio berat daging/kulit adalah 42 sampai dengan 49 hari.

6.5.6. Kekerasan daging dan kulit buah

Perubahan kekerasan merupakan salah satu perubahan yang terjadi selama penyimpanan dan pematangan. Lama penyimpanan berpengaruh terhadap kekerasan daging dan kulit buah pisang *cavendish*, yang ditunjukkan oleh nilai teksturnya.

Penyimpanan pisang dalam 49 hari meningkatkan nilai tekstur daging buah sebesar 7,07 kali lebih besar dibanding rata-rata nilai tekstur yang dihasilkan oleh pisang dalam penyimpanan 0, 7, 14, 21 dan 28 hari. Sedangkan penyimpanannya dalam 42 dan 49 hari menunjukkan rata-rata nilai tekstur kulit sebesar 5,22 kali lebih besar dibanding nilai yang diberikan oleh pisang dalam 0, 7, 14, 21, 28 dan 35 hari. Menurut Mahendra (1990) peningkatan nilai tekstur daging buah selama penyimpanan sebesar 6,7 kali dibanding buah mentah. Di sini menunjukkan bahwa semakin lama penyimpanan maka semakin menurunkan kekerasan.

Tingkat kekerasan buah sangat tergantung pada keberadaan protopektin. Protopektin akan mengalami degradasi menjadi pektin, asam pektinat dan asam D-galakturonat yang larut air, akibatnya tegangan permukaannya menurun. Degradasi tersebut dikatalis oleh enzim protopektinase, pektin metilesterase dan poligalakturonase. Protopektin oleh protopektinase dipecah menjadi asam pektinat. Asam pektinat akan mengalami demetoksilasi dengan katalis pektin metilesterase menjadi asam pektat. Selanjutnya, poligalakturonase memutus jembatan glikosida sehingga terbentuk asam D - galakturonat (Palmer, 1971). Hal ini menyebabkan kekerasan menurun atau meningkatnya nilai tekstur daging dan kulit buah pisang *cavendish*. Selain itu, penurunan kekerasan juga disebabkan oleh perubahan turgor sel yang menyebabkan hilangnya sifat getas dan kesegaran buah (Agustini, 1997).

Pada pematangan alami, kekerasan kulit buah juga dipengaruhi oleh lama penyimpanan. Penyimpanan 21, 28 dan 35 hari meningkatkan rata-rata nilai tekstur pisang hingga 1,30 kali lebih besar dibanding penyimpanannya dalam 0, 7, 14, 21 dan 28 hari. Di sini, terlihat bahwa peningkatan nilai tekstur berhubungan dengan waktu yang diperlukan dalam pematangan alami.

Von Loesecke (1949), menjelaskan bahwa selama pematangan terjadi perpindahan air dari kulit dan tangkai ke dalam daging buah, akibat perbedaan konsentrasi gula. Menurut Tranggono (1986), hasil hortikultura mengalami juga transpirasi selama pematangan dan respirasi. Oleh

karena itu, lama pematangan semakin panjang akan menurunkan kadar air, akibatnya semakin kering dan keras, sehingga nilai teksturnya kecil.

Sementara itu, lama penyimpanan tidak berpengaruh terhadap kekerasan daging buah pada pematangan alami maupun kulit dan daging buah pada pematangan dengan CaCl_2 . Hal ini disebabkan pengukuran kekerasan dilakukan pada pematangan optimum pisang *cavendish* (skor warna 7), sehingga nilai tekstur mempunyai nilai yang relatif sama.

Berdasarkan nilai tekstur daging dan kulit buah maka masa simpan maksimum pisang *cavendish* adalah 49 hari.

6.5.7. Susut berat dan kerusakan

Susut berat merupakan indikasi berlangsungnya proses transpirasi dan respirasi (Agustini, 1997). Susut berat pisang *cavendish* sangat dipengaruhi oleh lama penyimpanan.

Selama 49 hari penyimpanan terjadi peningkatan susut berat sebesar 4,03 persen. Hasil tersebut disebabkan pisang masih mengalami respirasi dan pematangan (Apandi, 1984) serta mengalami transpirasi (Tranggono, 1986). Akibatnya, semakin lama penyimpanan akan semakin besar CO_2 dan H_2O yang dilepaskan, sehingga meningkatkan susut berat pisang *cavendish*.

Pada uji kematangan alami, susut berat pisang *cavendish* juga dipengaruhi oleh penyimpanannya. Penyimpanan 21, 28 dan 35 hari mengakibatkan penurunan susut berat pisang dalam pematangan alami sebesar 21,85 persen dibanding 0 hari. Hal ini ada kaitannya dengan

tingkat kematangan buah seperti yang ditunjukkan oleh skor warna , rasio gula/asam dan rasio berat daging/kulit.

Menurut Mahendra (1990) dan Annijawati (1993), pisang dengan tingkat kematangan rendah membutuhkan waktu pematangan yang panjang. Dengan demikian, proses respirasi dan transpirasi juga berlangsung lama akibatnya pelepasan CO_2 dan H_2O semakin besar sehingga meningkatkan susut berat pisang *cavendish* .

Sementara itu, susut berat dalam uji kematangan dengan CaC_2 justru tidak dipengaruhi oleh lama penyimpanan. Hal ini telah diterangkan di depan, yang menjelaskan CaC_2 justru akan menyediakan asetilen ketika bereaksi dengan uap air. Asetilen yang dilepaskan akan memajukan respirasi klimakterik yang lebih awal ketika mencapai konsentrasi ambang hormon pematangan. Dengan demikian, lama pematangan relatif sama, sehingga susut beratnya juga relatif sama, akibatnya lama penyimpanan pengaruhnya menjadi tidak nyata.

Lama penyimpanan juga berpengaruh terhadap kerusakan pisang *cavendish*, namun tidak dilakukan penghitungan secara statistik karena datanya yang sangat ekstrim. Meskipun tidak dihitung secara statistik, data ini penting untuk mengetahui batas maksimum penyimpanan pisang *cavendish*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyimpanan 0, 7, 14, 21, 28, 35 dan 42 hari memberikan kerusakan 0 persen, sedang hari ke-49 memberikan kerusakan 100 persen. Hal ini menunjukkan bahwa sejak penyimpanan hari ke-0 sampai ke-42, pisang *cavendish* mengalami

pematangan hingga tercapai pematangan optimum. Setelah sampai hari ke-49, pisang *cavendish* mengalami penuaan (mulai rusak) yang ditimbulkan oleh timbulnya bercak-bercak coklat atau hitam. Bercak tersebut akibat matinya jaringan akibat timbulnya racun seperti asetaldehida dan alkohol (Pantastico, 1975). Selain itu terjadi reaksi pencoklatan antara aldosa dengan asam amino yang akhirnya membentuk melanoidin (Kartasapoetra, 1994).

Masa simpan maksimum pisang *cavendish* adalah 42 hari berdasarkan susut berat dan kerusakannya.

6.5.8. Nilai matriks perkalian bobot dengan mutu

Nilai ini bertujuan untuk mengetahui lama penyimpanan maksimum pisang *cavendish*. Nilai yang dipilih adalah nilai terbesar yaitu 10,34. Nilai ini menunjukkan bahwa pisang *cavendish* telah mengalami pematangan optimum pada 42 hari penyimpanan.

Nilai yang lebih kecil pada penyimpanan 0, 7, 14, 21, 28 dan 35 hari menunjukkan bahwa pisang *cavendish* sedang mengalami proses pematangan. Nilai yang lebih kecil pada penyimpanan di atas hari ke-42 menunjukkan pisang *cavendish* mengalami penuaan yang dapat diketahui dari timbulnya bercak coklat atau hitam pada kulit sebagai akibat matinya jaringan (Pantastico, 1975).

Keunggulan dari hasil penelitian ini yaitu diperolehnya masa simpan 42 hari untuk penyimpanan pisang *cavendish*. Hal ini menunjukkan 34 hari lebih panjang dibanding masa simpan normalnya atau 17 hari lebih

panjang dibanding penelitian Muthuswamy *et al.*, (1971) yang menunjukkan masa simpan 25 hari.

BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Hasil penelitian yang diperoleh dapat disimpulkan seperti berikut ini.

- a. Suhu penyimpanan optimum untuk pisang *cavendish* (umur panen 90 hari dari pembungaan dan terletak pada sisir kedua) adalah 14°C dengan nilai matriks perkalian bobot mutu 18,76. Pada suhu ini, pisang cenderung dipertahankan mutunya dibanding suhu lain. Laju respirasi pisang yang diberikan 0,93 ml/kg.jam dengan skor warna 4 dan kerusakan 0 persen.
- b. Daerah MA pisang *cavendish* (umur panen 90 hari dari pembungaan dan terletak pada sisir kedua) adalah 1 sampai dengan 4 persen O₂ dan 4 sampai dengan 7 persen CO₂. Pada kondisi ini, pisang cenderung dipertahankan mutunya dibanding perpaduan gas lain. Rata-rata skor warna yang diberikan 2,09 dengan kadar gula reduksi 1,72 persen, susut berat 1,15 persen dan nilai tekstur $46,50 \times 10^{-4}$ mm/gr.dt.
- c. Kemasan yang paling sesuai untuk pisang *cavendish* (umur panen 90 hari dari pembungaan dan terletak pada sisir kedua) adalah polietilen densitas rendah. Mutu pisang yang dikemas dengan polietilen densitas rendah cenderung dipertahankan dibanding kemasan lain yaitu memberikan skor warna 2,16 dengan kadar gula

reduksi 3,11 persen, susut berat 3,16 persen dan nilai tekstur $50,30 \times 10^{-4}$ mm/gr.dt.

- d. Konsentrasi media perendaman yang sesuai untuk pisang *cavendish* (umur panen 90 hari dari pembungaan dan terletak pada sisir kedua) adalah 2 ppm BA dengan nilai matriks perkalian bobot dengan mutu sebesar 18,13. Konsentrasi ini cenderung mempertahankan mutu pisang dibanding lainnya, yang memberikan skor warna 2,00 dengan kadar gula reduksi 2,53 persen, susut berat 1,60 persen, nilai tekstur $40,00 \times 10^{-4}$ mm/gr.dt untuk daging buah dan $13,67 \times 10^{-4}$ mm/gr.dt untuk kulit buah.
- e. Lama penyimpanan semakin panjang antara 0 sampai dengan 42 hari, semakin meningkatkan nilai mutu simpan pisang *cavendish*, kecuali nilai pH, kadar tanin, lama pematangan alami, susut berat dan rasio berat daging/kulit setelah pematangan alami.
- f. Pisang *cavendish* yang direndam dalam 2 ppm bensiladenin selama 3 menit dan disimpan pada suhu 14°C dalam kemasan polietilen densitas rendah dengan daerah MA (1 sampai dengan 4 persen O_2 dan 4 sampai dengan 7 persen CO_2) memberikan masa simpan 42 hari dengan nilai matriks perkalian bobot dengan mutu sebesar 10,34. Pada masa simpan 42 hari, pisang memberikan skor warna 7,00 dengan kadar gula reduksi 13,76 persen dan kerusakan 0 persen.

7.2. Saran

Saran yang dapat diberikan adalah seperti berikut ini.

- a. Penyimpanan pisang *cavendish* (umur panen 90 hari dari pembungaan dan letaknya pada sisir kedua) disarankan menggunakan suhu 14°C dalam kemasan polietilen densitas rendah dengan daerah MA (1 sampai dengan 4 persen O₂ dan 4 sampai dengan 7 persen CO₂). Namun, sebelumnya pisang *cavendish* direndam dalam 2 ppm BA selama 3 menit. Selain itu diketahui pula bahwa polietilen densitas rendah mempunyai harga yang murah.
- b. Sistem terbuka perlu dicobakan pada penyimpanan pisang *cavendish*. Gas yang dialirkan sesuai komposisi daerah MA pisang *cavendish*.
- c. Penyederhanaan model yang disarankan untuk petani adalah mengemas pisang *cavendish* tersebut dengan polietilen densitas rendah dan disimpan pada suhu 14°C.

DAFTAR PUSTAKA

Abidin Z, 1982. Dasar-dasar pengetahuan tentang zat pengatur tumbuh. Angkasa, Bandung.

Abilaga RM, 1968. Some factors affecting chilling injury on banana fruits. *Philipp. agric.*, 51 : 757-765.

Agustini I, 1997. Penyimpanan buah pisang (*Musa paradisiaca* L.) dengan sistem kontrol atmosfer kajian penurunan konsentrasi oksigen dan lamanya waktu penyimpanan. **Tesis**. Program Pasca Sarjana, Unibraw, Malang.

Annijawati AM, 1993. Pemberian hormon sebagai pengendalian proses pematangan buah pisang varietas ambon putih pada tingkat kemasakan. Fak. Pertanian, UPN, Surabaya.

Anonymous, 1978. Postharvest food losses in developing countries. National Academy of Sciences, Washington D.C.

Apandi M, 1984. Teknologi buah dan sayur. Pen. Alumni, Bandung.

Apriyantono A, Fardiaz D, Puspitasari NL, Sadarnawati dan Budiyanto S, 1989. Analisa kimia. PAU-IPB, Bogor.

Barker J, and Solomos T, 1962. Mechanism of the climacteric rise in respiration in banana fruits. **Nature**, 196 : 189.

Ben - Yehoshua S, 1966. Some effects of plastic skin coating of banana fruit. **Trop. Agric.**, 43 : 219 - 232.

Beyer Jr EM, 1979. Effect of silver ion, carbondioxide and oxygen on ethylene action and metabolism. **Plant Physiology**. 63 : 169.

Bidwell RGS, 1979. Plant physiology. Mac Millan Publishing Co. Inc., New York, Collier Mac Millan Publishers, London.

Bohlin H and Hansen H, 1974. Respiration measurements in various kinds of vegetabels and fruit during storage under increased CO₂ and reduced O₂ concentrations. **Acta Hort.** 38 : 83 - 88.

Brody AL, 1990. Controlled modified atmosphere vacuum packaging of foods. Food and Nutrition Press, Turnbull, Conecticut.

- Cahyono B, 1995. Pisang (budidaya dan analisa usahatani). Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Cameron AC, Boylan-Pett W and Lee L , 1989. Design of modified atmosphere packaging systems : modeling oxygen concentrations within sealed packages of tomato fruits. **J. Food Sci.** 54 : 1413 - 1415.
- Carl LA and Kriedemann PE, 1975. Plant growt and development. Tata Mc. Graw Hill Publishing Co. Ltd., New Delhi.
- Chiang MN, 1970. The effect of temperature and the concentration of O₂ and CO₂ upon the respiration and ripening of bananas stored in controlled atmosphere. **Spec. Publ. Call. Agric. Nat. Taiwan Univ.** No. 11.
- Cowd MA, 1991. Kimia polimer (Terjemahan) ITB. Bandung.
- Dangyang Ke, Yakia E, Hess B, Zhou L and Kader AA, 1995. Regulation of fermentative metabolism in avocado fruit under oxygen and carbondioxide stresses. **J. Am. Soc. Hort. Sci.** 120 : 481 - 490.
- Daun HS, Gilbert G, Ashkenazi Y and Henig Y, 1973. Storage quality of bananas packaged in selected permeability films. **J. Food Sci.** 28:1247 - 1250.
- Daily KR and Rizvi SSH, 1981. Optimization of parameters for packaging of fresh peaches in polymeric films. **J. Food Process Eng.** 5 : 23 - 41.
- Duckworth RB, 1966. Fruit and vegetable. Pergamon Press Ltd., Oxford. London, Edenburg, New York, Toronto, Sydney, Paris, Braunschewerg.
- Ei-Wahab FKA and Nawwar MAM, 1977. Physiological and biochemical studies on chilling injury of banana. **Scient. Hortic.**, 7: 373 - 376.
- Frank S and Ross C, 1977. Plant physiology. Prentice Hall of India Private limited, New Delhi.
- Goodburn KE and Halligan AC, 1988. Modified atmosphere packaging a technology Guide. Publication of the British Food Manufacturing Research Association, Leatherhead England.
- Gunadnya IBP, 1993. Pengkajian penyimpanan salak segar (*Salacca edulis* Reinw) dalam kemasan film dengan *modified atmosphere*. **Tesis**, Program Pasca Sarjana, IPB, Bogor.
- Heddy S, 1989. Hormon tumbuhan. Penerbit CV Rajawali, Jakarta.

Kader AA, 1985. Postharvest biology and technology an overview. In **Postharvest technology of horticultural crops**. Cooperative Extension. University of California.

_____, 1986. Biochemical and physiological basis of effects of controlled and modified atmosphere on fruits and vegetables. **Food Technology**. 40 : 99 - 104.

Kartasapoetra A G, 1994. Teknologi penanganan pasca panen. Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.

Keon TAM and Yang SF, 1987. Biosynthesis and metabolism of ethylene. In P. J. Davies (edt). **Plant hormones and their role in plant growth and development**. Martinus Nijhoff Publishers Dordrecht, Boston, Lancaster.

Kitagawa H, Suguiura A and Sugiyama A, 1976. Effects of gibberellin spray storage quality of kaki. **Hort. Sci.** 7 : 59.

Liu FW, 1976. Correlation between banana storage life and minimum treatment time required for ethylene response. **J. Am. Soc. Hort. Sci.** 101 : 63 - 65.

Mahendra MS, 1990. Postharvest physiology and storage of AAB - type banana. **Thesis**. University of New South Wales, Kensington.

Makfoeld D, 1992. Fisiologi pasca panen buah klimakterik. Program Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Mannapperuma JD and Singh RP, 1990. Modeling of gas exchange in polymeric packages of fresh fruits and vegetables. **Paper In ASAE Winter Meeting**, Chicago.

_____, Zagory D, Singh RP and Kader AA, 1989. Design of polymeric packages for modified atmosphere storage of fresh produce. **proc. 5th Int. C. A. Res Conf.** (June 14 - 16, 1989). Wenatchee, W. A. 2: 225 -238.

Manurung SO, 1985. Penggunaan hormon dan zat pengatur tumbuh. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor.

Marriott J and New S, 1975. Storage physiology of bananas from new tetraploid clones. **Trop Sci.**, 17 : 155 - 163.

Muthuswamy S, Sadasivam S, Sundarararaj JS and Vasudevan V, 1971. Storage studies on *dwarf cavendish* banana. **Indian J. Agric. Sci.**, 4 : 479 - 484.

Olorunda A O, Meheriuk M, and Looney NE, 1978. Some postharvest factors associated with the occurrence with chilling injury in banana. **J. Sci. Food Agric.**, 29 : 213 - 218.

Palmer JK, 1971. The banana. In. **The biochemistry of fruits and their products.**

Pantastico ERB, 1975. Postharvest physiology handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables. The AVI Publishing Co., Inc. Westport, Conn.

_____, Bondad ND and Mendosa DB, 1972. Regulation of fruit ripening. **Philippine Agric.**

Parson C, Gates VE and Spalding DH, 1964. Quality of some fruits and vegetables after holding in N₂ atmosphere. **Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.**, 84 : 549.

Patterson BD, 1980. Refrigeration of fruits and vegetable : benefits and problems in the use of low temperatures. **CSIRO Food Res. Quart.** 2.

Peacock BC, 1980. Banana ripening : effect of temperature of fruit quality. **J. Agric. Anim. Sci.**, 37 : 39 - 45.

Ramon V, 1988. The Philipphines recommends for banana. Philipphine Council for Agriculture, Forestry and Natural Resources Development. Los Banos, Laguna, Philipphines.

Rangana S, 1977. Manual of analysis of fruit and vegetable products. Tata Mc. Graw - Hill. Publ. Co. Ltd., New Delhi, 633pp.

Rippon LE and Trochoulis T, 1976. Ripening respons of bananas to temperature. **Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.** 16 : 140 - 144.

Rismunandar, 1989. Bertanam pisang. Sinar Baru, Bandung.

Salunkhe DK and Desai BB, 1984. Postharvest biotechnology of fruits. Vol. 1 CSR. Press. Inc., Boca Raton Florida.

_____, and Wu MT, 1974. Developments in technology of storage and handling of fresh fruits and vegetables. **CRC Crit. Rev. Food Technology**, 5 : 15 - 54.

Scott KJ, Blake JR, Strachan G, Tugwell BL, and Mc. Glasson WB, 1971. Transport of bananas at ambient temperature using polyethylene bags. **Trop, Agric.**, 84 : 245 - 254.

_____, Mendoza DB and Lizada CC, 1983. Polyethylene bags and propong for delaying the ripening of bananas in the Philipphines. Singapore. **J. Prim. Ind.**, 2 : 61 - 63.

Simmonds NU, 1966. Bananas. Longman Inc., London and New York.

Smith S, Geeson J and Stow J, 1987. Production of modified atmosphere in deciduous fruits by the use of film and coatings. **Hort. Sci.** 22 : 772 - 776.

Soedibyo T, Syaifullah, Laksmi DS dan Bahar FA, 1990. Penanganan segar, pengangkutan dan penyimpanan buah pisang. **Seminar Agri-Bisnis: Prospek Industri Pisang di Indonesia.** Agri-Bisnis Club, Jakarta.

Sudarmadji S, Haryono B dan Suhardi, 1984. Prosedur analisa untuk bahan makanan dan pertanian. Liberty, Yogyakarta.

Sunarjono H, 1981. Pengenalan jenis buah-buahan dan bercocok tanam buah-buahan penting di Indonesia. Sinar Baru, Bandung.

Susanto T, 1994. Fisiologi dan teknologi pasca panen. Penerbit Akademika, Yogyakarta.

Syarief R dan Halid H, 1992. Teknologi penyimpanan pangan. Pen. Arcan, Jakarta.

Takatoshi K, Kenji A, Kazuhiro S and Naokozu S, 1994. Physiology and quality changes of mature-green mume fruit (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) fruits stored under several controlled atmosphere condition at ambient temperature. **J. Japanese Soc. for Horti. Sci.** 62 : 877 - 887.

Tomkins RG, 1962. The conditions produced in film packages by fresh fruits and vegetables and the effect of these conditions on storage life. **J. Appl. Bact.**, 25 : 290 - 307.

Tranggono, 1986. Fisiologi pasca panen. FTP-UGM. Yogyakarta.

Von Loesecke HW, 1949. Bananas : chemistry, physiology, technology. Interscience, New York.

Wattimena GA, 1987. Zat pengatur tumbuh. Lab. Kultur Jaringan Tanaman, PAU Bioteknologi, IPB, Bogor.

Widjanarko S B, 1991. Biokimia pangan. Program Pascasarjana, Unibraw, Malang.

Wills RBH, Lee TH, Graham D, Mc Grasson WB and Hall EG, 1982. Postharvest, an introduction to the physiology and handling of fruits and vegetables. The AVI Publishing Co. Inc., Westport, Conn.

_____, Lim JSK, and Greenfield H, 1984. Changes in chemical composition of cavendish banana during ripening. **J. Food Biochem**, 8: 61 - 77.

Winarno FG dan Aman M, 1981. Fisiologi lepas panen. PT Santara Hudaya, Jakarta.

Yakia EM and Carrillo-Lopes A, 1993. Responses of avocado fruit to insecticidal O₂ and CO₂ atmosphere. **Lebensm-Wiss. U. Technol.** 26 : 307 - 311.

Yitnosumarto S, 1987. Percobaan : perancangan, analisa dan interpretasinya. Universitas Brawijaya, Malang.

Zagory D and Kader AA, 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technol.** 42 : 70 - 77.

LAMPIRAN 1. PROSEDUR PENGUKURAN

Lampiran 1.1. Pengukuran konsentrasi gas dengan menggunakan kromatografi gas (berdasarkan informasi peneliti dari PT. Aneka Gas industri, Sidoarjo)

Gas dalam kemasan diambil dengan spuit suntik 1 ml. Selanjutnya diinjeksikan pada injektor kromatografi gas HP 19095P - Q02. Kromatografi gas menggunakan tipe kolom plot fused silica, panjang kolom 25 m dengan 0,53 i.d., dan 0,70 o.d., fase stasioner porapak Q, gas pembawa He dengan laju 5 ml/menit, temperatur injektor dan detektor 250°C, temperatur kolom 60°C yang meningkat 10°C/menit hingga 180°C, Detektor yang digunakan TCD.

Lampiran 1.2. Pengukuran kelembaban relatif (Gunadnya, 1993)

Kelembaban relatif diukur dengan membaca skala yang terdapat dalam higrometer. Skala higrometer berkisar antara 0 sampai dengan 100 persen.

Lampiran 1.3. Penentuan skor warna (Mahendra, 1990)

Penentuan warna contoh dilakukan dengan membandingkan dengan *colour chart* yang telah disediakan. *Colour chart* telah ada skornya, sehingga warna contoh yang sesuai dengan *colour chart* dicatat dengan membaca nilai skornya.

Lampiran 1.4. Pengukuran lama pematangan (berdasarkan informasi yang diperoleh dan telah dibuktikan peneliti)

Menghitung waktu yang dibutuhkan untuk mencapai pematangan optimal (skor warna 7). Pematangan alami dilakukan dengan cara membiarkan contoh (pisang) pada udara normal. Pematangan dengan CaC_2 dilakukan dengan cara : contoh (pisang) sebanyak kira-kira 0,6 kg dimasukkan stoples dan ditambah 0,5 gr CaC_2 dan diletakkan pada suhu 19°C selama 2 hari, kemudian dipindahkan pada suhu kamar. Waktu yang dibutuhkan sampai 75 persen contoh telah mencapai skor warna 7, merupakan lama pematangan.

Lampiran 1.5. Pengukuran kadar gula reduksi dan total gula (Metode Shaffer - Somogyi I dalam Apriyantono dkk., 1989)

Penyiapan contoh :

- Menimbang contoh (20 sampai 30 gr) dan menambah alkohol 80 persen dengan perbandingan 1 : 1
- Menghancurkan dengan *waring blender* dan memindahkan ke dalam gelas piala
- Menyaring contoh dengan kapas dan menempatkan filtrat dalam gelas piala. Sisa padatan dicuci dengan alkohol 80 persen
- Mengukur pH filtrat. Jika asam, ditambah CaCO_3 sampai basa
- Memanaskan dalam penangas air suhu 100°C selama 30 menit
- Menyaring dengan kertas saring *Whatman no. 2*
- Menghilangkan alkohol dengan memanaskan filtrat pada penangas air pada suhu 85°C
- Jika masih ada endapan perlu disaring kembali, kemudian ditambah Pb - asetat jenuh

- Menghilangkan Pb dengan Na - oksalat (kira-kira 1 gr) dan contoh siap untuk diukur.

•

Pengukuran kadar gula reduksi dan total gula

- Mengambil larutan contoh yang mengandung antara 0,5 sampai 2,5 mg gula reduksi ke dalam erlenmeyer
- Menambahkan 5 ml pereaksi Shaffer - Somogyi dan kocoknya. Selain itu juga menyiapkan blanko dengan mencampur 5 ml air dengan 5 ml pereaksi Shaffer - Somogyi
- Menutup erlenmeyer kemudian memanaskan dalam pemanas air pada 100°C selama 15 menit
- Mendinginkan dalam air mengalir selama 4 menit kemudian menambah 2 ml larutan iodida oksalat
- Menambahkan 3 ml H₂SO₄ 2 N dan menggoyang perlahan-lahan 2 sampai 3 kali dalam keadaan terendam
- Menitrasi dengan Na₂S₂O₃ 0,005 N dengan pati sebagai indikator
- Cara menghitung gula reduksi, sebagai berikut :

$$\text{mg(gula red.)} = 0,1099 \times (\text{Vol. Titrasi blanko} - \text{Vol. Titrasi contoh}) + 0,048$$

- Untuk menentukan gula non reduksi dan total gula maka mengambil 25 ml filtrat dari persiapan contoh dan memasukkan dalam labu takar 50 ml
- Menambah dengan 5 ml HCl 1 N dan membiarkan pada suhu ruang selama 24 jam
- Menetralkan dengan NaOH dan menepatkan volume sampai tanda tera
- Larutan yang dihasilkan diukur gula reduksinya dengan cara seperti di atas.

Lampiran 1.6. Pengukuran total asam (Ranganna, 1977)

- Menimbang contoh sebanyak 5 gr
- Mengencerkan dengan aquadest sampai volume 100 ml
- Mengaduk beberapa menit sampai keruh / rata
- Menyaring larutan dengan kertas saring
- Mengambil filtrat yang diperoleh sebanyak 25 ml
- Menambah indikator phenol - ptalein
- Menitrasi filtrat dengan larutan NaOH 0,1 N sampai timbul warna merah jambu
- Total asam diukur dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Total asam} = \frac{V_{\text{NaOH}} \times N_{\text{NaOH}} \times \text{BE} \times P}{\text{Berat sampel (mg)}} \times 100\%$$

Keterangan : V_{NaOH} = volume NaOH yang diperlukan titrasi

N_{NaOH} = normalitas NaOH yang digunakan titrasi

BE = berat ekuivalen asam organik dominan

(BE asam malat = 67)

P = faktor pengenceran

Lampiran 1.7. Pengukuran pH (Apriyantono dkk., 1989)

Standarisasi pH-meter

- Menyalakan pH-meter dan membiarkan stabil selama 15 sampai 30 menit
- Mengukur suhu larutan buffer, mengatur suhu pH-meter sesuai dengan suhu larutan buffer

- Membilas elektrode dengan larutan buffer atau aquadest dan mengeringkan dengan kertas tissue
- Memasukkan elektrode dalam larutan buffer mengatur pengukuran pH
- Membiarkan elektrode beberapa saat sampai setimbang dengan larutan buffer sehingga diperoleh pembacaan yang stabil
- Menyesuaikan pengatur standarisasi pH-meter sampai diperoleh angka pH yang sesuai dengan pH buffer pada suhu terukur (biasanya menggunakan dua macam buffer pH = 4 dan buffer pH = 7).

Pengukuran pH

- Mengukur suhu contoh, mengukur pengaturan suhu pH-meter pada suhu tertentu
- Menyalakan pH-meter, membiarkan sampai stabil (15 sampai 30 menit)
- Membilas elektrode dengan aliquot atau aquadest
- Memasukkan elektrode pada larutan sampel, mengatur pengukuran pH
- Membiarkan elektrode dalam keadaan terendam sampai diperoleh pembacaan yang stabil
- Mencatat pH contoh.
-

Lampiran 1.8. Total padatan terlarut (Mahendra, 1990)

Pengukuran total padatan terlarut dilakukan dengan menggunakan refraktometer dengan satuan °Brix. Hancuran contoh sebanyak 1 gr dilarutkan dengan aquadest sampai 10 ml, kemudian mengambil 1 tetes dengan pipet dan diletakkan di atas kaca prisma refraktometer. Skala yang ditunjukkan refraktometer dibaca sebagai total padatan terlarut.

Lampiran 1.9. Pengukuran kadar tanin (Sudarmadji dkk, 1984)

Menimbang sebanyak 5 gr bahan yang telah ditumbuk halus dan ditambah 400 ml aquades kemudian dididihkan selama 30 menit

- Setelah dididihkan, dimasukkan ke dalam labu takar 500 ml dan ditambah aquadest sampai tanda, kemudian disaring
- Mengambil 10 ml filtrat I dan ditambah 25 ml larutan indigokarmin dan 750 ml aquadest. Selanjutnya dititrasi dengan KMnO_4 0,1 N sampai warna kuning emas, misal perlu A ml
- Mengambil 100 ml filtrat I dan ditambah berturut-turut 50 ml larutan gelatin, 100 ml larutan garam asam, 10 gr kaolin powder. Selanjutnya digojog kuat-kuat beberapa menit kemudian disaring
- Mengambil 25 ml filtrat II, dicampur dengan larutan indigokarmin sebanyak 25 ml dan aquadest sebanyak 750 ml. Selanjutnya dititrasi dengan KMnO_4 0,1 N misal dibutuhkan B ml
- Menstandarisasi larutan KMnO_4 dengan Na oksalat
- Perhitungan:

1 ml KMnO_4 0,1 N = 0,00416 gr tanin

$$\text{kadar tanin} = \frac{(50A - 50B) \times N/0,1 \times 0,00416}{5} \times 100\%$$

N = normalitas KMnO_4

Lampiran 1.10. Pengukuran rasio gula/asam (Mahendra, 1990)

Hasil pengukuran total gula dan total asam dalam satuan yang sama dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Rasio gula/asam} &= \text{kadar gula/kadar asam} \\ &= \text{masa gula/masa asam} \end{aligned}$$

Lampiran 1.11. Pengukuran kekerasan (nilai tekstur) dengan penetrometer (Agustini, 1997)

- Memasang mata penetrometer tertentu yang sesuai dengan berat tertentu
- Mengukur skala pembacaan pada posisi nol
- Meletakkan contoh yang akan diukur di bawah mata penetrometer
- Menurunkan mata penetrometer hingga permukaan contoh
- Membiarkan terjadinya penekanan beberapa saat
- Membaca skala pembacaan :

$$\text{Nilai tekstur (kekerasan)} = \dots\dots\dots \times 10^{-4} \text{ mm/gr.dt}$$

Lampiran 1.12. Pengukuran susut berat (Agustini, 1997)

Contoh sebelum disimpan ditimbang berat dengan timbangan Mettler. Setelah disimpan (akhir penyimpanan), contoh ditimbang lagi, sehingga susut beratnya dapat dihitung sebagai berikut :

$$\% \text{ susut berat} = \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\%$$

Untuk menentukan laju susut berat maka penimbangan dilakukan tiap hari sampai akhir penyimpanan.

Lampiran 1.13. Pengukuran rasio berat daging/kulit (Mahendra, 1990)

Contoh (buah pisang utuh) dikupas kemudian dilakukan penimbangan berat daging dan kulitnya dengan timbangan Mettler pada akhir penyimpanan.

$$\text{Rasio berat daging/kulit buah} = \frac{\text{berat daging buah}}{\text{berat kulit buah}}$$

Lampiran 1.14. Pengukuran kerusakan (Gunadnya, 1993)

Mula-mula kemasan dibuka dan buah dikeringanginkan selama 1 jam. Selanjutnya menimbang buah dalam setiap kemasan. Buah yang rusak dikumpulkan dan ditimbang dengan timbangan Mettler dan kerusakan dihitung sebagai berikut :

$$\% \text{ kerusakan} = \frac{\text{berat buah rusak}}{\text{berat buah total dalam kemasan}} \times 100\%$$

LAMPIRAN 2. KOEFISIEN PERMEABILITAS KEMASAN

Tabel 2.1 Koefisien permeabilitas kemasan menurut metode Mannapperuma *et al.* (1989) dan literatur

Kemasan	Permeabilitas pada 14°C (ml/mm/m ² /jam)		Permeabilitas pada 25°C (literatur) (ml/mm/m ² /jam)	
	O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂
Polietylen densitas rendah	82,43	92,76	1002	3600
<i>Strech film</i>	154	158,58	4143	6226
<i>Oriented polipropilen</i>	89,84	98,24	62*	179*
Polipropilen	81,60	96,88	229	656

* : suhu tidak dijelaskan

LAMPIRAN 3. ANALISIS KERAGAMAN VARIABEL-VARIABEL TERIKAT

Tabel 3.1. Analisis keragaman laju produksi CO₂ pada perlakuan suhu penyimpanan pisang *cavendish*

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	5,2276	1,3069	5,2636*
- linier	1	3,4612	3,4612	13,0396**
- kuadratik	1	1,2446	1,2446	5,0125*
- kubik	1	0,1140	0,1140	0,4591 ^{ns}
Galat	10	2,4829	0,2483	
Total	14	7,7105		

* : nyata pada taraf 5%

** : sangat nyata pada taraf 1%

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.2 Analisis keragaman laju konsumsi O₂ pada perlakuan suhu penyimpanan pisang *cavendish*

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	4,9200	1,2300	5,6859*
- linier	1	3,2935	3,2935	15,2265**
- kuadratik	1	1,1205	1,1205	5,1802*
- kubik	1	0,4014	0,4014	1,8556 ^{ns}
Galat	10	2,1633	0,2163	
Total	14	7,0833		

* : nyata pada taraf 5%

** : sangat nyata pada taraf 1%

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.3 Analisis keragaman kelembaban relatif pada perlakuan suhu penyimpanan pisang *cavendish*

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	7,0666	1,7666	6,6249**
- linier	1	6,5333	6,5333	24,4997**
- kuadratik	1	0	0	0 ^{ns}
Galat	10	2,6667	0,2667	
Total	14	9,7333		

** : sangat nyata pada taraf 1%

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.4 Analisis keragaman laju susut berat pada perlakuan suhu penyimpanan pisang *cavendish*

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	8,2225	2,0556	5,4175**
- linier	1	7,1736	7,1736	18,9078**
- kuadratik	1	0,8657	0,8657	2,2819 ^{ns}
Galat	10	3,7944	0,3794	
Total	14	12,0169		

** : sangat nyata pada taraf 1%

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.5 Analisis keragaman laju susut kekerasan pada perlakuan suhu penyimpanan pisang *cavendish*

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	10,9579	2,7395	17,1324**
- linier	1	7,0568	7,0568	44,1323**
- kuadrat	1	3,8705	3,8705	24,2060**
- kubik	1	0,0563	0,0563	0,3523 ^{ns}
Galat	10	1,5987	0,1599	
Total	14	12,5566		

** : sangat nyata pada taraf 1%

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.6 Analisis keragaman susut berat pada perlakuan suhu penyimpanan pisang *cavendish*

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	28,4973	7,1243	11,2727**
- linier	1	21,8453	21,8453	34,5653**
- kuadrat	1	4,4038	4,4038	6,9680*
- kubik	1	2,0280	2,0280	3,2089 ^{ns}
Galat	10	6,3200	0,6320	
Total	14	34,8173		

* : nyata pada taraf 5%

** : sangat nyata pada taraf 1%

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.7 Analisis keragaman nilai transformasi kerusakan pada perlakuan suhu penyimpanan pisang *cavendish*

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	1350,6947	337,6737	1324,3663**
- linier	1	12,3778	12,3778	48,5461**
- kuadrat	1	1277,6601	1277,6601	19653,3753**
- kubik	1	49,5111	49,5111	761,5947**
- kuartik	1	11,1458	11,1458	43,7142**
Galat	10	2,5497	0,2550	
Total	14	1353,2544		

** : sangat nyata pada taraf 1%

Tabel 3.8 Analisis keragaman skor warna pisang *cavendish* setelah penyimpanan pada perlakuan perpaduan gas

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	13,6500	3,4125	96,5802**
Galat	10	0,3533	0,0353	
Total	14	14,0033		

** : sangat nyata pada taraf 1%

Tabel 3.9 Analisis keragaman lama pematangan pisang *cavendish* secara alami pada perlakuan perpaduan gas

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	20,9333	5,2333	14,2727**
Galat	10	3,6667	0,3667	
Total	14	24,6000		

** : sangat nyata pada taraf 1%

Tabel 3.10 Analisis keragaman lama pematangan pisang *cavendish* dengan CaC_2 pada perlakuan perpaduan gas

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	1,0080	0,2520	1,0839 ^{ns}
Galat	10	2,3250	0,2325	
Total	14	3,3330		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.11 Analisis keragaman kadar gula reduksi pisang *cavendish* setelah penyimpanan pada perlakuan perpaduan gas

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	54,1994	13,5499	8,6330**
Galat	10	15,6963	1,5696	
Total	14	69,8957		

** : sangat nyata pada taraf 1%

Tabel 3.12 Analisis keragaman kadar gula reduksi pisang *cavendish* setelah pematangan alami pada perlakuan perpaduan gas

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	0,1508	0,0377	0,007 ^{ns}
Galat	10	55,9268	5,5927	
Total	14	56,0776		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.13 Analisis keragaman kadar gula reduksi pisang *cavendish* setelah pematangan dengan CaC_2 pada perlakuan perpaduan gas

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	0,2525	0,0631	0,012 ^{ns}
Galat	10	52,6039	5,2604	
Total	14	53,8564		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.14 Analisis keragaman susut berat pisang *cavendish* setelah penyimpanan pada perlakuan perpaduan gas

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	5,0973	1,2743	74,8722 ^{**}
Galat	10	0,1702	0,0170	
Total	14	5,2675		

^{**} : sangat nyata pada taraf 1%

Tabel 3.15 Analisis keragaman susut berat pisang *cavendish* setelah pematangan alami pada perlakuan perpaduan gas

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	15,7335	3,9333	26,5948 ^{**}
Galat	10	1,4790	0,1479	
Total	14	17,2125		

^{**} : sangat nyata pada taraf 1%

Tabel 3.16 Analisis keragaman susut berat pisang *cavendish* setelah pematangan dengan CaC_2 pada perlakuan perpaduan gas

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	0,0010	0,0003	0,0070 ^{ns}
Galat	10	0,3803	0,0380	
Total	14	0,3813		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.17 Analisis keragaman nilai tekstur pisang *cavendish* setelah penyimpanan pada perlakuan perpaduan gas

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	19859,2637	4964,8159	9,6660**
Galat	10	5136,1660	513,6166	
Total	14	24995,4297		

** : sangat nyata pada taraf 1%

Tabel 3.18 Analisis keragaman nilai tekstur pisang *cavendish* setelah pematangan alami pada perlakuan perpaduan gas

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	35,6000	8,9000	0,0207 ^{ns}
Galat	10	4305,3333	430,5333	
Total	14	4340,9333		

ns : tidak nyata pada taraf 5%



Tabel 3.19 Analisis keragaman nilai tekstur pisang *cavendish* setelah pematangan dengan CaC_2 pada perlakuan perpaduan gas

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	63,0666	15,7667	0,0370 ^{ns}
Galat	10	4256,6667	425,6667	
Total	14	4319,7333		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.20 Analisis keragaman nilai nilai matrik perkalian bobot dengan mutu pisang *cavendish* pada perlakuan perpaduan gas

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	267,8079	66,9520	11,4211 ^{**}
Galat	10	58,6125	5,8621	
Total	14	326,4294		

** : sangat nyata pada taraf 1%

Tabel 3.21 Analisis keragaman skor warna pisang *cavendish* pada perlakuan jenis kemasan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	9,0833	2,2708	20,1852 ^{**}
Galat	10	1,1250	0,1125	
Total	14	10,2083		

** : sangat nyata pada taraf 1%

Tabel 3.22 Analisis keragaman lama pematangan pisang *cavendish* secara alami pada perlakuan jenis kemasan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	26,2667	6,5667	8,0408**
Galat	10	8,1667	0,8167	
Total	14	34,4333		

** : sangat nyata pada taraf 1%

Tabel 3.23 Analisis keragaman lama pematangan pisang *cavendish* dengan menggunakan CaC_2 pada perlakuan jenis kemasan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	1,3333	0,3333	0,8333 ^{ns}
Galat	10	4,0000	0,4000	
Total	14	5,3333		

ns : sangat nyata pada taraf 5%

Tabel 3.24 Analisis keragaman kadar gula reduksi pisang *cavendish* setelah penyimpanan pada perlakuan jenis kemasan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	32,5656	8,1414	10,368**
Galat	10	7,8522	0,7852	
Total	14	40,4178		

** : sangat nyata pada taraf 1%

Tabel 3.25 Analisis keragaman kadar gula reduksi pisang *cavendish* setelah pematangan alami pada perlakuan jenis kemasan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	0,4936	0,1234	0,018 ^{ns}
Galat	10	70,1861	7,0186	
Total	14	70,6797		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.26 Analisis keragaman kadar gula reduksi pisang *cavendish* setelah pematangan dengan CaC_2 pada perlakuan jenis kemasan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	0,1474	0,0368	0,0060 ^{ns}
Galat	10	63,9195	6,3920	
Total	14	64,0669		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.27 Analisis keragaman susut berat pisang *cavendish* setelah penyimpanan pada perlakuan jenis kemasan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	521,2334	130,3084	42,1980 ^{**}
Galat	10	30,8799	3,0880	
Total	14	552,1133		

** : sangat nyata pada taraf 1%

Tabel 3.28 Analisis keragaman susut berat pisang *cavendish* setelah pematangan alami pada perlakuan jenis kemasan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	15,0946	3,7737	182,126**
Galat	10	0,2072	0,0207	
Total	14	15,3018		

** : sangat nyata pada taraf 1%

Tabel 3.29 Analisis keragaman susut berat pisang *cavendish* setelah pematangan dengan CaC_2 pada perlakuan jenis kemasan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	0,0163	0,0041	0,7193 ^{ns}
Galat	10	0,0571	0,0057	
Total	14	0,0734		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.30 Analisis keragaman nilai tekstur setelah penyimpanan pada perlakuan jenis kemasan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	15674,2667	3918,5667	14,7130**
Galat	10	2663,3333	266,3333	
Total	14	18337,6000		

** : sangat nyata pada taraf 1%

Tabel 3.31 Analisis keragaman nilai tekstur setelah pematangan alami pada perlakuan jenis kemasan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	66,9333	16,7333	0,1039 ^{ns}
Galat	10	1610,6667	161,0667	
Total	14	1667,6000		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.32 Analisis keragaman nilai tekstur setelah pematangan dengan CaC₂ pada perlakuan jenis kemasan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	66,9333	16,7333	0,1039 ^{ns}
Galat	10	1610,6667	161,0667	
Total	14	1667,6000		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.33 Analisis keragaman konsentrasi CO₂ dalam kemasan pisang *cavendish*

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	41,6331	10,4083	21,3900 ^{**}
Galat	10	4,8660	0,4866	
Total	14	46,4991		

** : sangat nyata pada taraf 1%

Tabel 3.34 Analisis keragaman konsentrasi O₂ dalam kemasan pisang *cavendish*

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	49,8813	12,4703	40,3460**
Galat	10	3,0908	0,3091	
Total	14	52,9721		

** : sangat nyata pada taraf 1%

Tabel 3.35 Analisis keragaman kelembaban relatif dalam kemasan pisang *cavendish*

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	4	87,0666	21,7665	46,6395**
Galat	10	4,6667	0,4667	
Total	14	91,7333		

** : sangat nyata pada taraf 1%

Tabel 3.36 Analisis keragaman skor warna pisang *cavendish* yang disimpan pada perlakuan konsentrasi perendaman dalam bensiladenin dan asam giberelin

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	6	8,2857	1,3810	4,1433*
Galat	14	4,6667	0,3333	
Total	20	12,9524		

* : nyata pada taraf 5%

Tabel 3.37 Analisis keragaman lama pematangan pisang *cavendish* secara alami pada perlakuan konsentrasi perendaman dalam bensiladenin dan asam giberelin

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	6	5,9067	0,9845	4,1346*
Galat	14	3,3333	0,2381	
Total	20	9,2400		

* : nyata pada taraf 5%

Tabel 3.38 Analisis keragaman lama pematangan pisang *cavendish* dengan menggunakan CaC_2 pada perlakuan konsentrasi perendaman dalam bensiladenin dan asam giberelin

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	6	0,6667	0,1111	0,3889 ^{ns}
Galat	14	4,000	0,2053	
Total	20	4,6667		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.39 Analisis keragaman kadar gula reduksi pisang *cavendish* yang disimpan pada perlakuan konsentrasi perendaman dalam bensiladenin dan asam giberelin

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	6	16,3155	2,7193	3,8870*
Galat	14	9,7940	0,6996	
Total	20	26,1095		

* : nyata pada taraf 5%

Tabel 3.40. Analisis keragaman kadar gula reduksi pisang *cavendish* setelah pematangan alami pada perlakuan konsentrasi perendaman dalam bensiladenin dan asam giberelin

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	6	2,1525	0,3588	0,1290 ^{ns}
Galat	14	38,9669	2,7833	
Total	20	41,1194		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.41 Analisis keragaman kadar gula reduksi pisang *cavendish* setelah pematangan dengan CaC_2 pada perlakuan konsentrasi perendaman dalam bensiladenin dan asam giberelin

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	6	1,5442	0,2574	0,0500 ^{ns}
Galat	14	72,7322	5,1952	
Total	20	74,2764		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.42. Analisis keragaman susut berat pisang *cavendish* yang disimpan pada perlakuan konsentrasi perendaman dalam bensiladenin dan asam giberelin

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	6	0,9144	0,1524	3,1618*
Galat	14	0,6748	0,0482	
Total	20	1,5892		

* : nyata pada taraf 5%

Tabel 3.43 Analisis keragaman susut berat pisang *cavendish* setelah pematangan alami pada perlakuan konsentrasi perendaman dalam bensiladenin dan asam giberelin

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	6	20,0164	3,3361	4,7390**
Galat	14	9,8543	0,7039	
Total	20	29,8702		

** : sangat nyata pada taraf 1%

Tabel 3.44 Analisis keragaman susut berat pisang *cavendish* setelah pematangan dengan CaC_2 pada perlakuan konsentrasi perendaman dalam bensiladenin

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	6	0,0492	0,0082	0,3445 ^{ns}
Galat	14	0,3326	0,0238	
Total	20	0,3818		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.45 Analisis keragaman nilai tekstur daging buah pisang *cavendish* yang disimpan pada perlakuan konsentrasi perendaman dalam bensiladenin dan asam giberelin

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	6	6065,9009	1010,9835	2,8850*
Galat	14	4905,3335	350,3810	
Total	20	10971,2344		

* : nyata pada taraf 5%

Tabel 3.46 Analisis keragaman nilai tekstur daging buah pisang *cavendish* setelah pematangan alami pada perlakuan konsentrasi perendaman dalam bensiladenin dan asam giberelin

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	6	60,4792	10,0799	0,0420 ^{ns}
Galat	14	3323,3333	237,3810	
Total	20	3383,8125		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.47 Analisis keragaman nilai tekstur daging buah pisang *cavendish* setelah pematangan dengan CaC_2 pada perlakuan konsentrasi perendaman dalam bensiladenin dan asam giberelin

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	6	37,9167	6,3194	0,0410 ^{ns}
Galat	14	2159,3333	154,2381	
Total	20	2197,2500		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.48 Analisis keragaman nilai tekstur kulit buah pisang *cavendish* yang disimpan pada perlakuan konsentrasi perendaman dalam bensiladenin dan asam giberelin

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	6	513,6188	85,6031	4,0580*
Galat	14	295,3335	21,0952	
Total	20	808,9521		

* : nyata pada taraf 5%

Tabel 3.49 Analisis keragaman nilai tekstur kulit buah pisang *cavendish* setelah pematangan alami pada perlakuan konsentrasi perendaman dalam bensiladenin dan asam giberelin

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	6	25,8125	4,3021	0,0380 ^{ns}
Galat	14	1570,0000	112,1429	
Total	20	1595,8125		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.50 Analisis keragaman nilai tekstur kulit buah pisang *cavendish* setelah pematangan dengan CaC_2 pada perlakuan konsentrasi perendaman dalam bensiladenin dan asam giberelin

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	6	29,2344	4,8724	0,0550 ^{ns}
Galat	14	1250,0000	89,2857	
Total	20	1279,2344		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.51 Analisis keragaman skor warna pisang *cavendish* yang disimpan pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	7	246,7917	35,2560	13,3250 ^{**}
- linier	1	184,5734	184,5734	69,7609 ^{**}
- kuadratik	1	37,7857	37,7857	14,2814 ^{**}
- kubik	1	24,0455	24,0455	9,0882 ^{**}
- kuartik	1	0,0438	0,0438	0,0166 ^{ns}
Galat	16	42,3333	2,6458	
Total	23			

** : sangat nyata pada taraf 1%

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.52 Analisis keragaman lama pematangan pisang *cavendish* secara alami pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	5	199,7777	39,9556	29,9670**
- linier	1	194,3048	194,3048	145,7322**
- kuadratik	1	1,0159	1,0159	0,7619 ^{ns}
Galat	12	16,0000	1,3333	
Total	17	215,7777		

** : sangat nyata pada taraf 1%

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.53 Analisis keragaman lama pematangan pisang *cavendish* dengan CaC_2 pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	5	2,2778	0,4556	1,6400 ^{ns}
Galat	12	3,3333	0,2778	
Total	17	5,6111		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.54 Analisis keragaman kadar gula reduksi pisang *cavendish* yang disimpan pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	7	347,7702	49,6800	32,4376**
- linier	1	345,8130	345,8130	230,5420**
- kuadratik	1	0,0136	0,0136	0,0089 ^{ns}
Galat	16	24,5063	1,5316	
Total	23	372,2765		

** : sangat nyata pada taraf 5%

ns : tidak nyata pada taraf 1%

Tabel 3.55 Analisis keragaman kadar gula reduksi setelah pematangan pisang *cavendish* secara alami pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	5	5,3330	1,0666	2,2470 ^{ns}
Galat	12	51,9050	4,3254	
Total	17	57,2380		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.56 Analisis keragaman kadar gula reduksi dalam pematangan pisang *cavendish* dengan CaC_2 pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	5	2,9113	0,5823	0,2450 ^{ns}
Galat	12	28,4889	2,3741	
Total	17	31,4001		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.57 Analisis keragaman kadar total gula pisang *cavendish* yang disimpan pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	7	618,3882	88,3412	32,4420 ^{**}
- linier	1	587,0822	587,0822	217,0470 ^{**}
- kuadratik	1	0,0223	0,0223	0,0082 ^{ns}
Galat	16	43,5685	2,7230	
Total	23	661,9567		

** : sangat nyata pada taraf 1%

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.58 Analisis keragaman kadar total gula setelah pematangan pisang *cavendish* secara alami pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	5	2,0697	0,4139	0,1760 ^{ns}
Galat	12	28,1667	2,3472	
Total	17	30,2364		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.59 Analisis keragaman kadar total gula setelah pematangan pisang *cavendish* dengan CaC_2 pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	5	10,2917	2,0583	0,4060 ^{ns}
Galat	12	60,8333	5,0694	
Total	17	71,1250		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.60 Analisis keragaman kadar total asam pisang *cavendish* yang disimpan pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	7	85,1006	12,1572	13,6950 ^{**}
- linier	1	60,2027	60,2027	67,8740 ^{**}
- kuadratik	1	0,7692	0,7692	0,8665 ^{ns}
Galat	16	14,2036	0,8877	
Total	23	99,3042		

** : sangat nyata pada taraf 1%

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.61 Analisis keragaman kadar total asam setelah pematangan pisang *cavendish* secara alami pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	5	6,7470	1,3494	0,6850 ^{ns}
Galat	12	23,6545	1,9712	
Total	17	30,4015		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.62 Analisis keragaman kadar total asam setelah pematangan pisang *cavendish* dengan CaC_2 pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	5	3,5875	0,7175	0,3320 ^{ns}
Galat	12	25,9128	2,1594	
Total	17	29,5003		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.63 Analisis keragaman pH pisang *cavendish* yang disimpan pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	7	2,8018	0,4003	93,0930 ^{**}
- linier	1	2,4556	2,4556	571,0698 ^{**}
- kuadrat	1	0,1968	0,1968	45,7674 ^{**}
- kubik	1	0,0244	0,0244	5,6744 ^{ns}
Galat	16	0,0680	0,0043	
Total	23			

** : sangat nyata pada taraf 1%

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.64 Analisis keragaman pH pisang *cavendish* secara alami pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	5	0,0828	0,0166	0,7910 ^{ns}
Galat	12	0,2513	0,0209	
Total	17	0,3341		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.65 Analisis keragaman pH pisang *cavendish* dengan CaC₂ pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	5	0,0645	0,0129	0,5180 ^{ns}
Galat	12	0,2990	0,0249	
Total	17	0,3635		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.66 Analisis keragaman total padatan terlarut dari pisang *cavendish* yang disimpan pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	7	884,9583	126,4223	45,2860**
- linier	1	868,4464	868,4464	310,1237**
- kuadratik	1	0,0179	0,0179	0,0064 ^{ns}
Galat	16	44,6667	2,7917	
Total	23			

** : sangat nyata pada taraf 1%

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.67 Analisis keragaman total padatan terlarut setelah pematangan pisang *cavendish* secara alami pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	5	10,2777	2,0555	0,4510 ^{ns}
Galat	12	54,6667	4,5555	
Total	17	64,9444		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.68 Analisis keragaman total padatan terlarut setelah pematangan pisang *cavendish* dengan CaC₂ pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	5	3,7780	0,7556	0,1700 ^{ns}
Galat	12	53,3333	4,4444	
Total	17	57,1113		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.69 Analisis keragaman kadar tanin pisang *cavendish* yang disimpan pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	7	27,7238	3,9605	6,8680**
- linier	1	26,2538	26,2538	45,5242**
- kuadratik	1	0,4387	0,4387	0,7670 ^{ns}
Galat	16	9,2270	0,5767	
Total	23	36,9508		

** : sangat nyata pada taraf 1%

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.70 Analisis keragaman kadar tanin setelah pematangan pisang *cavendish* secara alami pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	5	1,8778	0,3756	1,0990 ^{ns}
Galat	12	4,1011	0,3418	
Total	17	5,9789		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.71 Analisis keragaman kadar tanin setelah pematangan pisang *cavendish* dengan CaC₂ pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	5	0,9764	0,1953	0,8000 ^{ns}
Galat	12	2,9293	0,2441	
Total	17	3,9057		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.72 Analisis keragaman rasio gula / asam dari pisang *cavendish* yang disimpan pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	7	5,0263	0,7180	6,0080 ^{**}
- linier	1	3,5200	3,5200	29,4561 ^{**}
- kuadrat	1	0,1913	0,1913	1,6008 ^{ns}
Galat	16	1,9121	0,1195	
Total	23	6,9384		

** : sangat nyata pada taraf 1%

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.73 Analisis keragaman rasio gula / asam setelah pematangan pisang *cavendish* secara alami pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	5	0,3205	0,0641	0,4070 ^{ns}
Galat	12	1,8918	0,1577	
Total	17	2,2123		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.74 Analisis keragaman rasio gula / asam setelah pematangan pisang *cavendish* dengan CaC₂ pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	5	0,0902	0,0180	0,1410 ^{ns}
Galat	12	1,5297	0,1275	
Total	17	1,6199		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.75 Analisis keragaman rasio berat daging / kulit dari pisang *cavendish* yang disimpan pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	7	1,3920	0,1989	5,6300**
- linier	1	1,1601	1,1601	32,8640**
- kuadratik	1	0,1509	0,1509	4,2740 ^{ns}
Galat	16	0,5651	0,0353	
Total	23	1,9571		

** : sangat nyata pada taraf 1%

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.76 Analisis keragaman rasio berat / daging kulit dari pisang *cavendish* secara alami pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	5	5,6650	1,1330	9,4890**
- linier	1	5,4692	5,4692	45,8057**
- kuadratik	1	0,0003	0,0003	0,0022 ^{ns}
Galat	12	1,4328	0,1194	
Total	17	7,0978		

** : sangat nyata pada taraf 1%

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.77 Analisis keragaman rasio berat daging / kulit dari pisang *cavendish* dengan CaC_2 pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	5	0,0300	0,0060	0,2590 ^{ns}
Galat	12	0,2787	0,0232	
Total	17	0,3087		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.78 Analisis keragaman nilai tekstur (kekerasan) dari daging buah pisang *cavendish* yang disimpan pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	7	191677,6250	27382,5176	25,9210**
- linier	1	149454,4464	149454,4464	141,4786**
- kuadratik	1	38850,000	38850,000	36,7767**
- kubik	1	1900,9200	1900,9200	1,7995 ^{ns}
Galat	16	16902,0000	1056,3750	
Total	23	208579,6250		

** : sangat nyata pada taraf 1%

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.79 Analisis keragaman nilai tekstur (kekerasan) dari daging buah pisang *cavendish* secara alami pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	5	256,2708	51,2542	0,6860 ^{ns}
Galat	12	896,6667	47,7222	
Total	17	1152,9375		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.80 Analisis keragaman nilai tekstur (kekerasan) dari daging buah pisang *cavendish* dengan CaC₂ pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	5	265,7708	53,1542	0,3960 ^{ns}
Galat	12	1610,6667	134,2222	
Total	17	1876,4375		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.81 Analisis keragaman nilai tekstur (kekerasan) dari kulit buah pisang *cavendish* yang disimpan pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	7	21582,9590	3083,2800	47,2530**
- linier	1	14475,0020	14475,0020	221,8390**
- kuadratik	1	5304,0179	5304,0179	81,2874**
- kubik	1	65,0619	65,0619	0,9971 ^{ns}
Galat	16	1044,0000	65,2500	
Total	23	22626,9590		

** : sangat nyata pada taraf 1%

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.82 Analisis keragaman nilai tekstur (kekerasan) dari kulit buah setelah pematangan pisang *cavendish* secara alami pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	5	1499,6111	299,9222	5,7740**
- linier	1	1445,7190	1445,7190	27,8320**
- kuadratik	1	13,8135	13,8135	0,2659 ^{ns}
Galat	12	623,3333	51,9444	
Total	17	2122,9444		

** : sangat nyata pada taraf 1%

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.83 Analisis keragaman nilai tekstur (kekerasan) dari kulit buah setelah pematangan pisang *cavendish* dengan CaC_2 pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	5	10,9453	2,1891	0,0210**
Galat	12	1278,0000	106,5000	
Total	17	1278,9453		

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.84 Analisis keragaman susut berat pisang *cavendish* yang disimpan pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	7	26,3556	3,7650	21,5394**
- linier	1	21,8792	21,8792	125,1669**
- kuadratik	1	0,0182	0,0182	0,1042 ^{ns}
Galat	16	2,7980	0,1748	
Total	23	29,1536		

** : sangat nyata pada taraf 1%

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.85 Analisis keragaman susut berat setelah pematangan pisang *cavendish* secara alami pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	5	1372,4716	274,4943	22,4580**
- linier	1	1269,9505	1269,9505	103,9010**
- kuadratik	1	23,5522	23,5522	1,9270 ^{ns}
Galat	12	146,6725	12,2227	
Total	17	1519,1440		

** : sangat nyata pada taraf 1%

ns : tidak nyata pada taraf 5%

Tabel 3.86 Analisis keragaman susut berat setelah pematangan pisang *cavendish* dengan CaC_2 pada perlakuan lama penyimpanan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	5	0,6592	0,1318	0,2820**
Galat	12	5,6124	0,4677	
Total	17	6,2716		

ns : tidak nyata pada taraf 5%



LAMPIRAN 4. PENENTUAN NILAI MATRIKS PERKALIAN BOBOT DENGAN MUTU

Tabel 4.1 Contoh perhitungan penentuan nilai matriks perkalian bobot dengan mutu percobaan I dalam perlakuan suhu penyimpanan 14°C

No.	Variabel mutu	Nilai mutu (A)	Bobot (B)	A x B
1	Laju produksi CO ₂	0,93	10%	0,093
2	Laju konsumsi O ₂	0,92	10%	0,092
3	Laju susut berat	1,44	5%	0,072
4	Laju susut kekerasan	0,76	5%	0,038
5	Kerusakan (transformasi)	45	5%	2,250
6	Skor warna	4	15%	0,600
7	Susut berat	3,07	5%	0,154
8	Lama pematangan alami	5,4	15%	0,810
9	Susut berat pematangan alami	6,19	2,5%	0,155
10	Nilai tekstur pematangan alami	180	2,5%	4,50
11	Lama pematangan dengan CaC ₂	5	15%	0,750
12	Susut berat pematangan dengan CaC ₂	1,14	2,5%	0,029
13	Nilai tekstur pematangan dengan CaC ₂	178,67	2,5%	4,467
14	Kelembaban relatif	95	5%	4,75
	Total		100%	18,76 ^o

^o nilai matriks perkalian bobot dengan mutu