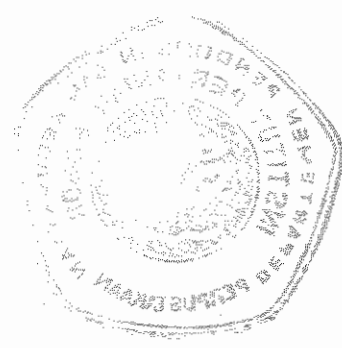


Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya karya ini tanpa izin pencetakan dan reproduksi di bawah
2. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya karya ini untuk tujuan komersial tanpa izin pencetakan dan reproduksi di bawah undang-undang hak cipta.
3. Dilarang menyalin, mendistribusikan, mengkomunikasikan, menyebarkan, atau memperjualbelikan kembali karya ini tanpa izin pencetakan dan reproduksi di bawah undang-undang hak cipta.



Me/1991/029

PENERAPAN MODEL PENDUGAAN MASA SIMPAN TOMAT DALAM KEMASAN MODIFIED ATMOSPHERE BERDASARKAN UMUR PETIK DALAM PERIODE AWAL MASAK HIJAU



Oleh
NICOLAAS WIRYADINATA
F 23. 1643



1991
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
B O G O R

NICOLAAS WIRYADINATA. F23.1643. Penerapan Model Pendugaan Masa Simpan Tomat dalam Kemasan *Modified Atmosphere* Berdasarkan Umur Petik dalam Periode Awal Masak Hijau. Dibawah b i m b i n g a n Dr. Ir. Hadi K. Purwadaria, Ir. Yang Yang Setiawan, MSc d a n Ir. Momon Rusmono, MS.

RINGKASAN

Umumnya buah tomat di perkebunan tomat dipanen saat mencapai tingkat kematangan masak hijau atau semburat. Bila dipanen sebelum mencapai tingkat kematangan petik dan disimpan pada suhu ruang, maka buah tomat akan rusak.

Dari hasil penelitian Setiawan et al. (1986) diperoleh konsentrasi CO_2 optimum dan bentuk kemasan yang cocok untuk penyimpanan tomat dalam sistem *modified atmosphere*. Kemudian Setiawan et al. (1989) mendapatkan konsentrasi O_2 dan CO_2 optimum serta bentuk dan jenis kemasan yang cocok untuk penyimpanan *modified atmosphere*. Hasil penelitian Rusmono et al. (1990) selain mendukung hasil penelitian sebelumnya, juga menyusun model untuk menduga masa simpan tomat dalam sistem *modified atmosphere* berdasarkan tingkat kematangan dan kekerasan. Namun pengaruh umur petik untuk penyimpanan tomat dalam kemasan *modified atmosphere* belum dikaji selama ini. Bila saat pemetikan dapat dilakukan lebih awal, dan disimpan tanpa mengalami kerusakan, diharapkan pemetikan lebih awal ini dapat memperpanjang masa simpan.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan hubungan umur petik tomat dengan tingkat kematangan berdasarkan

sifat karakteristik tomat, menentukan umur petik optimal tomat dalam periode awal masak hijau untuk penyimpanan *modified atmosphere* dan menerapkan model pendugaan masa simpan tomat dalam kemasan *modified atmosphere* yang berdasarkan tingkat kematangan terhadap umur petik dalam periode awal masak hijau.

Untuk menentukan hubungan umur petik tomat dengan tingkat kematangan berdasarkan sifat karakteristiknya dilakukan penelitian lapang. Pengamatan dilakukan terhadap perubahan diameter dan perubahan warna dan tingkat kematangan buah tomat selama pertumbuhan.

Penentuan umur petik optimal tomat dalam periode awal masak hijau untuk penyimpanan *modified atmosphere* dilakukan dengan uji panel terhadap tomat dalam kemasan *modified atmosphere*. Penyimpanan dilakukan pada tiga taraf umur petik, yaitu pemetikan hari ke-22, hari ke-25 dan hari ke-28. Pengamatan juga dilakukan selama penyimpanan terhadap perubahan warna tomat, perubahan berat tomat, pengukuran dan pendugaan konsentrasi keseimbangan gas O_2 dan CO_2 serta pengukuran kekerasan tomat. Sebagai kontrol, dilakukan pengamatan selama penyimpanan terhadap tomat yang tidak dikemas pada suhu $15^{\circ}C$ dan pada suhu ruang, serta tomat yang dikemas pada suhu ruang.

Untuk menerapkan model pendugaan masa simpan tomat dalam kemasan *modified atmosphere* berdasarkan umur petik dalam periode awal masak hijau dilakukan pengukuran

kekerasan tomat untuk mendapatkan hubungan kekerasan dengan umur petik. Sebelumnya dilakukan penelitian batas masa simpan tomat apel dengan uji organoleptik terhadap kekerasan tomat. Pengujian model dilakukan dengan uji statistik dan untuk mengukur keterandalan model dilihat koefisien determinasinya.

Sejalan dengan meningkatnya umur petik, tingkat kematangan tomat meningkat pula, yaitu pada umur petik hari ke-22, ke-25, ke-28, ke-29, ke-30, ke-31, ke-32, ke-33, ke-34, ke-35 dan ke-36, tingkat kematangan tomat meningkat berturut-turut, yaitu awal masak hijau, pertengahan masak hijau, masak hijau, semburat, seperempat masak, setengah masak, jingga muda, jingga tua, jingga merah, merah dan merah tua. Dan perubahan warna yang terjadi juga relatif seragam, yaitu dari 1YG3/5, 1YG3/6, 1YG2/5, 2YG2/3, 3YG1/9, 2Y6/4, 3Y8/2, 3RY12/3, 4RY12/10, 4RY12/11 sampai 5RY12/11. Sedang laju perubahan diameter buah tomat selama pertumbuhan tidak seragam.

Pengamatan selama penyimpanan menunjukkan perubahan warna pada tomat umur petik hari ke-28 lebih cepat terjadi dibandingkan perubahan warna tomat umur petik hari ke-25 dan hari ke-22, baik untuk tomat yang tidak dikemas pada suhu 15°C dan pada suhu ruang, tomat dalam kemasan pada suhu ruang, maupun tomat dalam kemasan *modified atmosphere*.

Hasil uji panel tomat selama penyimpanan, menunjukkan umur petik optimal tomat dalam periode awal

masak hijau untuk penyimpanan *modified atmosphere* adalah tomat umur petik hari ke-22. Batas masa simpan tomat yang digunakan dari hasil uji panel adalah tomat merah tua (6RY11/11) dengan kekerasan 188.3524 kPa.

Nilai kekerasan tomat menurun sejalan dengan meningkatnya umur petik. Besarnya kekerasan awal tomat apel terhadap umur petik adalah $D_0=4875.5143-131.8678U$.

Konsentrasi kesetimbangan gas O_2 dan CO_2 dalam mangkok polystyrene yang dikemas plastik *stretch film* pada suhu $15^\circ C$ adalah 7.61 persen O_2 dan 4.68 persen CO_2 . Sedangkan hasil pendugaan konsentrasi kesetimbangan adalah 7.26 persen O_2 dan 4.44 persen CO_2 . Hasil uji statistik menunjukkan konsentrasi gas O_2 dan CO_2 hasil pengamatan dan pendugaan tidak berbeda nyata, sehingga model matematik dapat digunakan untuk menghitung kandungan sesaat dan kesetimbangan O_2 dan CO_2 .

Susut bobot tomat selama penyimpanan dalam sistem *modified atmosphere* untuk tomat umur petik hari ke-28 pada hari ke-40 adalah 7.32 persen, untuk tomat umur petik hari ke-25 pada hari ke-48 adalah 7.63 persen, untuk tomat umur petik hari ke-22 pada hari ke-60 adalah 8.13 persen.

Hasil pengamatan menunjukkan kekerasan tomat menurun selama penyimpanan dengan laju penurunan kekerasan mengikuti model persamaan diferensial ordo pertama. Model matematik yang digunakan adalah $D/D_0=\exp(-kt)$

PENERAPAN MODEL PENDUGAAN MASA SIMPAN TOMAT DALAM
KEMASAN *MODIFIED ATMOSPHERE* BERDASARKAN UMUR PETIK
DALAM PERIODE AWAL MASAK HIJAU

Oleh:

NICOLAAS WIRYADINATA

F 23. 1643

S K R I P S I

sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

pada Jurusan MEKANISASI PERTANIAN,

Fakultas Teknologi Pertanian,

Institut Pertanian Bogor

1991

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

BOGOR

INSTITUT PERTANIAN BOGOR
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

PENERAPAN MODEL PENDUGAAN MASA SIMPAN TOMAT DALAM
KEMASAN *MODIFIED ATMOSPHERE* BERDASARKAN UMUR PETIK
DALAM PERIODE AWAL MASAK HIJAU

S K R I P S I

sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
pada Jurusan MEKANISASI PERTANIAN,
Fakultas Teknologi Pertanian,
Institut Pertanian Bogor

Oleh:

NICOLAAS WIRYADINATA


F 23. 1643

Dilahirkan pada tanggal 20 Oktober 1967

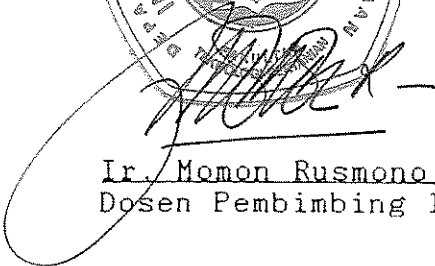
di Bogor

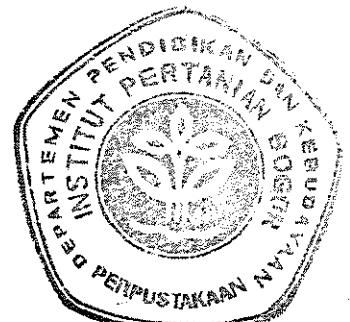
Menyetujui,

Bogor, 5 Januari 1991


~~Ir. Yang Yang Setiawan,~~
Dosen Pembimbing II


~~Ir. Hadi K. Purwadaria~~
Dosen Pembimbing I


Ir. Momon Rusmono, MS
Dosen Pembimbing III



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmatNya, sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dan skripsi ini dapat tersusun.

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

1. Bapak Dr.Ir. Hadi K. Purwadaria selaku pembimbing utama yang membimbing dan mengarahkan penulis hingga selesainya skripsi ini.
2. Bapak Ir. Yang Yang Setiawan, MSc selaku pembimbing pendamping pertama yang membimbing dan mengarahkan penulis hingga selesainya skripsi ini.
3. Bapak Ir. Momon Rusmono, MS selaku pembimbing pendamping kedua yang membimbing dan mengarahkan penulis hingga selesainya skripsi ini.
4. Yayasan Dharma Bakti Kalbe yang membantu pembiayaan penelitian dan penulisan skripsi ini.
5. Bapak Ir. Rusman K. dan karyawan PT Bio Nusantara Teknologi yang membantu dalam penyediaan lahan perkebunan untuk penelitian.
6. Seluruh staf dan karyawan Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pangan IPB yang membantu penelitian penulis.



7. Seluruh staf dan karyawan di Jurusan Mekanisasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.
8. Orang tua penulis, kakak dan adik yang banyak memberikan dorongan kepada penulis.
9. Semua pihak yang telah membantu hingga selesainya tulisan ini.

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

Bogor, Januari 1991

Penulis

1. Mengingat pentingnya kedudukan dan peranan dosen sebagai pembimbing dan pengarah mahasiswa dalam proses pembelajaran dan pengembangan sumber daya manusia yang berkualitas tinggi untuk menghadapi persaingan global, maka IPB University telah menetapkan standar kompetensi dosen yang wajib dipatuhi.

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
I. PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. TUJUAN	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
A. BOTANI TOMAT	5
B. NILAI GIZI TOMAT	6
C. PEMBUAHAN	6
D. POLA RESPIRASI BUAH TOMAT	10
E. PERUBAHAN FISIKO KIMIA SELAMA PEMATANGAN..	12
F. SIFAT FISIK WARNA	14
G. PENYIMPANAN TOMAT DALAM SISTEM <i>MODIFIED ATMOSPHERE</i>	15
H. PENYIMPANAN <i>MODIFIED ATMOSPHERE</i> DALAM KEMASAN PLASTIK	16
III. PENDEKATAN MASALAH	20
A. PENDUGAAN KONSENTRASI KESETIMBANGAN O ₂ DAN CO ₂ DALAM KEMASAN	20
B. PENDUGAAN MASA SIMPAN	23

IV.	BAHAN DAN METODELOGI PENELITIAN	26
A.	TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN	26
B.	BAHAN DAN ALAT	26
C.	METODE PENELITIAN	29
D.	PENGAMATAN DAN PENGUKURAN	37
E.	RANCANGAN PERCOBAAN	39
V.	HASIL DAN PEMBAHASAN	41
A.	PENELITIAN LAPANG	41
B.	PENENTUAN UMUR PETIK OPTIMAL TOMAT UNTUK PENYIMPANAN <i>MODIFIED ATMOSPHERE</i> ...	53
C.	PENERAPAN MODEL PENDUGAAN MASA SIMPAN ...	67
VI.	KESIMPULAN DAN SARAN	80
A.	KESIMPULAN	80
B.	SARAN	83
	LAMPIRAN	84
	DAFTAR PUSTAKA	97

aHak cipta milik IPB University

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Komposisi beberapa zat makanan, vitamin dan mineral utama dalam 100 gram tomat ...	7
Tabel 2. Rata-rata tinggi tanaman, kemampuan berbuah, umur panen pertama dan terakhir	9
Tabel 3. Rata-rata saat berbunga, saat bunga mekar sempurna dan saat berbuah	10
Tabel 4. Perubahan diameter buah tomat selama pertumbuhan (klaster 2)	42
Tabel 5. Perubahan diameter buah tomat selama pertumbuhan (klaster 8)	43
Tabel 6. Perubahan diameter buah tomat selama pertumbuhan (klaster 13)	44
Tabel 7. Perubahan warna buah tomat selama pertumbuhan (klaster 2)	48
Tabel 8. Perubahan warna buah tomat selama pertumbuhan (klaster 8)	48
Tabel 9. Perubahan warna buah tomat selama pertumbuhan (klaster 13)	49
Tabel 10. Perubahan warna buah tomat apel selama pertumbuhan	49
Tabel 11. Perubahan warna buah tomat yang tidak dikemas selama penyimpanan pada suhu 15°C	54
Tabel 12. Perubahan warna buah tomat yang tidak dikemas selama penyimpanan pada suhu ruang	55
Tabel 13. Perubahan warna buah tomat selama penyimpanan dalam kemasan pada suhu ruang	56
Tabel 14. Perubahan warna buah tomat dalam kemasan <i>modified atmosphere</i>	58

Tabel 15.	Hasil uji panel tomat selama penyimpanan dalam kemasan <i>modified atmosphere</i>	61
Tabel 16.	Hasil pengamatan konsentrasi O ₂ dan CO ₂ tomat dalam kemasan <i>modified atmosphere</i>	63
Tabel 17.	Parameter kemasan untuk pendugaan konsentrasi kesetimbangan gas O ₂ dan CO ₂	63
Tabel 18.	Hasil pendugaan konsentrasi O ₂ dan CO ₂	64
Tabel 19.	Perubahan berat tomat dalam kemasan <i>modified atmosphere</i>	65
Tabel 20.	Hasil pengamatan tingkat kesukaan konsumen terhadap tomat dengan uji organoleptik	68
Tabel 21.	Data hasil pengukuran kekerasan tomat dalam kemasan <i>modified atmosphere</i>	69
Tabel 22.	Konstanta laju penurunan kekerasan tomat untuk tiga taraf umur petik	70
Tabel 23.	Hubungan kekerasan dengan umur petik tomat	71
Tabel 24.	Data hasil pendugaan kekerasan tomat dalam kemasan <i>modified atmosphere</i> (model I)	72
Tabel 25.	Data hasil pendugaan kekerasan tomat dalam kemasan <i>modified atmosphere</i> (model II)	75
Tabel 26.	Hasil pengamatan dan pendugaan masa simpan tomat untuk ketiga taraf umur petik	79

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar	1. Plastik <i>stretch film</i> dan mangkok polystyrene	27
Gambar	2. Pengukuran kekerasan tomat dengan mesin Instron	28
Gambar	3. Cosmotector XPO-318 dan XP-314B	28
Gambar	4. Ovary tomat yang mulai membesar	31
Gambar	5. Pengukuran suhu dan kelembasan udara lingkungan tanaman tomat dengan thermohygrograf	31
Gambar	6. Penyimpanan tomat pada suhu 15°C dalam cold storage	33
Gambar	7. Penyimpanan tomat pada suhu ruang	33
Gambar	8. Bagan alir penelitian penentuan umur petik optimal tomat untuk penyimpanan <i>modified atmosphere</i>	34
Gambar	9. Panel test	36
Gambar	10. Grafik laju perubahan diameter buah tomat selama pertumbuhan (klaster 2) ...	42
Gambar	11. Grafik laju perubahan diameter buah tomat selama pertumbuhan (klaster 8) ...	43
Gambar	12. Grafik laju perubahan diameter buah tomat selama pertumbuhan (klaster 13) ..	44
Gambar	13. Pengelompokan tomat berdasarkan diameter	46
Gambar	14. Tomat yang retak (<i>cracking</i>)	50
Gambar	15. Tomat yang pecah	50
Gambar	16. Grafik perubahan warna tomat selama pertumbuhan	51
Gambar	17. Grafik perubahan warna tomat dalam sistem penyimpanan <i>modified atmosphere</i>	59

Gambar 18. Tomat yang terkena organisme pembusuk .. 59

Gambar 19. Grafik perbandingan konsentrasi O₂ dan CO₂ hasil pengamatan dan pendugaan 66

Gambar 20. Grafik susut bobot tomat selama penyimpanan 66

Gambar 21. Grafik hubungan kekerasan dan lama penyimpanan tomat untuk tiga taraf umur petik dalam kemasan *modified atmosphere* 70

Gambar 22. Bagan alir pendugaan masa simpan tomat dalam kemasan *modified atmosphere* berdasarkan umur petik dalam periode awal masak hijau (model I) 73

Gambar 23. Bagan alir pendugaan masa simpan tomat dalam kemasan *modified atmosphere* berdasarkan umur petik dalam periode awal masak hijau (model II) 74

Gambar 24. Grafik perbandingan kekerasan hasil pendugaan dan pengamatan untuk tomat umur petik hari ke-22 76

Gambar 25. Grafik perbandingan kekerasan hasil pendugaan dan pengamatan untuk tomat umur petik hari ke-25 76

Gambar 26. Grafik perbandingan kekerasan hasil pendugaan dan pengamatan untuk tomat umur petik hari ke-28 77

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran	1.	Urutan standard warna <i>Dictionary of Color</i>	85
Lampiran	2.	Tingkat warna tomat apel	86
Lampiran	3.	Contoh perhitungan nilai kekerasan tomat dengan menggunakan modulus secant berdasarkan grafik yang dihasilkan alat Instron 1140	87
Lampiran	4a.	Daftar analisis sidik ragam tingkat kesukaan konsumen terhadap tekstur tomat untuk tiga taraf umur petik ...	89
Lampiran	4b.	Daftar analisis sidik ragam tingkat kesukaan konsumen terhadap warna tomat untuk tiga taraf umur petik ...	89
Lampiran	4c.	Daftar analisis sidik ragam tingkat kesukaan konsumen terhadap aroma tomat untuk tiga taraf umur petik ...	89
Lampiran	4d.	Daftar analisis sidik ragam tingkat kesukaan konsumen terhadap rasa tomat untuk tiga taraf umur petik ...	90
Lampiran	4e.	Hasil pengujian perbedaan tekstur, warna, aroma dan rasa dari uji panel antar perlakuan umur petik tomat dengan uji beda nyata terkecil	90
Lampiran	5.	Program komputer untuk pendugaan konsentrasi kesetimbangan gas O ₂ dan CO ₂	91
Lampiran	6.	Hasil pengujian hipotesis antara konsentrasi gas O ₂ dan CO ₂ hasil pengamatan dan pendugaan dengan uji statistik	92
Lampiran	7a.	Daftar analisis sidik ragam tingkat kesukaan konsumen terhadap tekstur tomat	93
Lampiran	7b.	Daftar analisis sidik ragam tingkat kesukaan konsumen terhadap warna tomat	93

Lampiran 7c. Daftar analisis sidik ragam tingkat kesukaan konsumen terhadap aroma tomat 93

Lampiran 7a. Daftar analisis sidik ragam tingkat kesukaan konsumen terhadap rasa tomat 93

Lampiran 8. Program komputer untuk menduga masa simpan dan kekerasan tomat dalam kemasan *modified atmosphere* (model I) 94

Lampiran 9. Program komputer untuk menduga masa simpan dan kekerasan tomat dalam kemasan *modified atmosphere* (model II) 95

Lampiran 10a. Hasil pengujian hipotesis kekerasan hasil percobaan dan pendugaan dengan uji t (model I) 96

Lampiran 10b. Hasil pengujian hipotesis kekerasan hasil percobaan dan pendugaan dengan uji t (model II) 96

I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Indonesia dikenal sebagai negara agraris yang kaya akan berbagai macam komoditi pertanian yang siap untuk diekspor maupun untuk konsumsi dalam negeri. Komoditi pertanian yang dihasilkan antara lain berupa biji-bijian, palawija dan komoditi hortikultura.

Tanaman hortikultura yang terdiri dari sayur-sayuran, buah-buahan, tanaman hias dan bunga-bunga memegang peranan yang cukup penting. Menurut data Biro Pusat Statistik (1988) luas areal yang ditanami tanaman hortikultura relatif kecil, sekitar 15 persen dari luas areal tanaman padi, namun sumbangan yang diberikan pada pendapatan nasional di sektor pertanian yaitu sekitar 13 persen dari pendapatan nasional.

Sayuran dan buah-buahan merupakan sumber utama bagi mineral, vitamin dan serat gizi (dietary fiber). Disamping itu sayuran dan buah-buahan juga mampu menyediakan protein, karbohidrat dan energi dalam jumlah tertentu, sehingga dibutuhkan dalam menu sehari-hari. Kebutuhan buah dan sayuran akan meningkat sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk dan pendapatan per kapita.

Di daerah tropis, buah dan sayuran cepat sekali mengalami kerusakan setelah dipanen. Kerusakan ini terutama disebabkan oleh kelainan fisiologis, kerusakan mekanis, serta gangguan hama dan penyakit. FAO (1981)

memperkirakan tingkat kerusakan pasca panen buah dan sayuran berkisar dari 22 sampai 78 persen.

Tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill) termasuk tanaman hortikultura yang banyak diusahakan oleh petani di pedesaan. Umumnya tomat diperdagangkan dalam keadaan segar. Masalah utama tomat setelah dipanen adalah keadaan teksturnya yang mudah rusak oleh pengaruh mekanis. Selain itu kandungan airnya relatif tinggi, sehingga proses kerusakan tomat mudah terjadi pada suhu kamar karena adanya aktivitas enzim dan mikroorganisma. Menurut Salunkhe dan Desai (1984), perkiraan kehilangan lepas panen tomat mencapai 20 sampai 50 persen.

Buah tomat setelah dipanen melangsungkan proses respirasi dan metabolisme. Selama melangsungkan proses ini dikeluarkan CO₂ dan air serta dikonsumsi oksigen yang ada disekitarnya. Selain itu, tomat akan mengalami proses pematangan dan diikuti dengan cepat oleh proses kerusakan. Kecepatan kerusakan ini tergantung dari suhu penyimpanan, serta kandungan O₂ dan CO₂ udara lingkungannya.

Umumnya buah tomat dipanen pada saat telah mencapai tingkat kematangan masak hijau atau semburat. Apabila buah tomat dipanen sebelum mencapai tingkat kematangan petik dan disimpan pada suhu kamar, maka buah tomat akan rusak. Salah satu cara untuk menghambat proses kerusakan buah tomat adalah penyimpanan pada suhu rendah yang dikombinasikan dengan teknik penyimpanan *modified*

atmosphere yaitu menggunakan kemasan plastik yang dapat mengendalikan keadaan lingkungan dalam kemasan.

Bila buah tomat dapat dipetik lebih awal dan dapat disimpan hingga mencapai tingkat kematangan tertentu tanpa mengalami kerusakan tentunya akan menguntungkan karena dapat mempersingkat waktu dan menghemat biaya yang dibutuhkan untuk perawatan dan pemanenan buah tomat.

Dari hasil penelitian Setiawan et al. (1986) diperoleh konsentrasi CO₂ optimum sebesar 7.5 persen ± 2.5 persen dan bentuk kemasan yang cocok untuk penyimpanan tomat dalam sistem *modified atmosphere* adalah kemasan mangkok dengan film PVC. Kemudian Setiawan et al. (1989) mendapatkan konsentrasi O₂ optimum sebesar 8-12 persen dan konsentrasi CO₂ optimum sebesar 2-4 persen dan kemasan mangkok yang dibungkus plastik *stretch film* merupakan kemasan terbaik untuk penyimpanan tomat dalam sistem *modified atmosphere*. Hasil penelitian Rusmono et al. (1990), mendukung hasil penelitian sebelumnya, yaitu konsentrasi optimum tomat adalah 3-6 persen O₂ dan 7-8 persen CO₂ dalam penyimpanan *modified atmosphere*, dengan jenis kemasan *stretch film*. Rusmono et al. (1990) juga menyusun model untuk menduga masa simpan tomat dalam sistem penyimpanan *modified atmosphere* berdasarkan tingkat kematangan dan kekerasan. Namun pengaruh umur petik untuk penyimpanan tomat dalam kemasan *modified atmosphere* belum dikaji selama ini.

Dari hasil penelitian Rusmono et al. (1990) masa simpan tomat masak hijau lebih tinggi dibandingkan dengan tomat seperempat masak maupun tomat jingga muda, demikian juga masa simpan tomat seperempat masak lebih tinggi dibandingkan tomat jingga muda. Sinaga (1986) juga menyimpulkan hal yang sama bahwa tomat masak hijau mempunyai masa simpan yang lebih tinggi dibandingkan tomat semburat. Bila bisa diperoleh saat petik tomat lebih awal dari yang telah dilakukan, dan disimpan tanpa mengalami kerusakan, diharapkan pemetikan lebih awal ini dapat memperpanjang masa simpan.

Apabila umur petik optimal tomat diketahui, maka perencanaan penanganan dan pemasaran hasil tomat segar dapat diatur sedemikian rupa sehingga kerusakan lepas panen dapat diperkecil semaksimal mungkin.

B. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk 1) menentukan hubungan umur petik tomat dengan tingkat kematangan berdasarkan sifat karakteristik tomat, 2) menentukan umur petik optimal tomat dalam periode awal masak hijau untuk penyimpanan *modified atmosphere*, dan 3) menerapkan model pendugaan masa simpan tomat dalam kemasan *modified atmosphere* yang berdasarkan tingkat kematangan terhadap umur petik buah tomat dalam periode awal masak hijau.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. BOTANI TOMAT

Tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill) termasuk genus *Lycopersicum*, famili Solanaceae, ordo Tubiflorae dan kelas Dicotyledonae. Salunkhe dan Desai (1984), mengklasifikasikan buah tomat ke dalam dua spesies, yaitu *Lycopersicum pimpinellifolium* dan *Lycopersicum esculentum*. *L. esculentum* merupakan keluarga dari tomat komersial.

Tomat merupakan tanaman tahunan yang diusahakan sebagai tanaman semusim (Janick, 1972). Bunga tomat tersusun dalam tandan yang terletak diantara ruas batang, terdiri dari lima helai kelopak bunga, lima helai mahkota yang berwarna kuning, lima benang sari yang muncul dari dasar mahkota serta kepala putik. Tomat pada umumnya menyerbuk sendiri (Thompson dan Kelly, 1979).

Menurut Sunarjono (1977), tomat komersial berdasarkan bentuk buahnya dibedakan atas beberapa tipe, yaitu berbuah bulat besar seperti apel (*Lycopersicum esculentum* f. *pyriforme*); berbuah besar tidak teratur dan beralur yang dikenal tipe porselin (*L.esculentum* f. *commune*); berbuah lonjong seperti adpokat atau pepaya yang dikenal tipe Roma atau tomat gondol (*L. esculentum* f. *validum*); dan berbuah bulat kecil yang dikenal tipe ranggem atau ranti (*L. esculentum* f. *pimpinellifolium*).

Tomat apel merupakan tomat yang paling banyak diperdagangkan di kota-kota besar.

Suhu bulanan rata-rata yang sesuai untuk pertumbuhan berkisar antara $21^{\circ}\text{--}24^{\circ}\text{C}$, sedangkan suhu malam yang sesuai bagi pembentukan bunga dan buah berkisar antara $15^{\circ}\text{--}20^{\circ}\text{C}$ (Knott, 1958). Untuk pertumbuhan dan hasil yang baik, tomat memerlukan penyinaran matahari sepanjang hari (Thompson dan Kelly, 1979).

B. NILAI GIZI TOMAT

Tomat termasuk sayuran buah yang banyak digemari, karena mempunyai rasa yang enak, segar dan sedikit asam. Tomat merupakan sumber vitamin A, C dan sedikit vitamin B, terutama pada buah tomat yang telah masak. Tomat juga mengandung mineral tertentu. Komposisi dari beberapa zat makanan, vitamin dan mineral utama dalam 100 gram tomat dapat dilihat pada Tabel 1.

Produksi tomat di Indonesia cenderung meningkat dari tahun ke tahun, tetapi jumlah tomat yang tercecer atau rusak cukup besar pula yaitu mencapai 10 persen dari produksi tomat per tahunnya (Biro Pusat Statistik, 1980-1986).

C. PEMBUAHAN

Buah secara botanis adalah ovary yang matang dan dapat didefinisikan sebagai kesatuan struktur, hasil dari pertumbuhan dan perkembangan jaringan pendukung ovule (Weaver, 1972).

Tabel 1. Komposisi beberapa zat makanan, vitamin dan mineral utama dalam 100 gram tomat^a

Bahan	Jumlah
Karoten (vitamin A)	1 500 IU
Thiamin (vitamin B)	60 ugr
Asam askorbat (vitamin C)	40 mg
Protein	1 gr
Karbohidrat	4.2 gr
Lemak	0.3 gr
Kalsium (Ca)	5 mg
Phosphor (P)	27 mg
Zat besi (Fe)	0.5 mg
Air	94 mg

^aDir. Gizi Dep. Kes. R.I (1979)

Pembentukan buah merupakan fase pertumbuhan cepat jaringan ovary, yang ditandai dengan meningkatnya pembelahan sel pada jaringan ovary (Weaver, 1972). Penyerbukan dapat memulai proses pembentukan buah, karena pada penyerbukan dan pembuahan terjadi penambahan auksin ke dalam ovary dari serbuk sari, dengan bertambahnya kandungan auksin dalam ovary maka pembelahan sel dirangsang dan pembentukan buah dimulai (Leopold dan Kriedeman, 1975).

Menurut Wills, et al., (1981), tahap pertumbuhan buah dan sayuran dibagi menjadi tiga bagian yaitu *growth*, *maturation* dan *senescence*. *Growth* terdiri dari pembelahan dan pembesaran sel, *maturation* terjadi pende-wasaan sel yang biasanya dimulai sebelum tahap pertumbuhan berakhir. Sedangkan *senescence* adalah proses de-gradasi, pelayuan dan kematian jaringan. Selain itu,

di dalam kehidupan buah dan sayuran ada tahap pematangan (ripening) yang dimulai dari akhir tahap *maturatation* hingga permulaan tahap pelayuan (*senescence*).

Pertambahan bobot dan volume buah merupakan hasil dari pembelahan sel dan pembesaran sel. Pembelahan sel dominan pada tahap awal pembesaran buah, sedangkan pembesaran sel dominan pada tahap berikutnya. Pada tanaman tomat pembelahan sel berhenti ketika pembesaran sel dimulai (Weaver, 1972). Pada tanaman tomat bagian bunga yang mengalami pembesaran adalah jaringan ovary (Leopold dan Kriedeman, 1975).

Keterbatasan pembentukan buah terjadi karena keterbatasan peyerbukan, keterbatasan hara dalam tanaman dan keguguran buah yang baru terbentuk. Kegagalan penyerbukan pada tanaman tomat dapat disebabkan oleh rendahnya intensitas cahaya atau rendahnya suhu udara (Leopold dan Kriedeman, 1975).

Ukuran buah berkorelasi dengan ukuran sel di dalam buah dan dipengaruhi oleh jumlah fotositat yang tersedia dalam tanaman (Leopold dan Kriedeman, 1975).

Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Rokayah (1978) pada berbagai varietas tanaman tomat diperoleh hasil untuk tinggi tanaman, kemampuan berbuah, umur panen pertama dan terakhir antar varietas tidak menunjukkan perbedaan yang nyata (Tabel 2), dimana tinggi tanaman, diukur mulai dari atas permukaan tanah sampai batas titik tumbuh tanaman, pada saat tanaman berumur 51 hari; kemampuan berbuah, diperkirakan sebagai persentase

bunga yang menjadi buah pada saat puncak waktu pembentukan buah, dengan kriteria 5=tinggi (diatas 75 persen), 3=sedang (50 persen) dan 1=rendah (dibawah 50 persen); umur panen pertama, pada saat pemetikan buah pertama dalam keadaan matang oranye; umur panen terakhir, pada saat pemetikan buah terakhir dalam keadaan matang atau buah dalam keadaan belum matang karena tanaman mati.

Tabel 2. Rata-rata tinggi tanaman, kemampuan berbuah, umur panen pertama dan terakhir^a

Varietas	tinggi tanaman (cm)	kemampuan berbuah	umur panen	
			pertama (hari)	terakhir (hari)
Azes	70.983	2.3	59.07	66.03
Homestead	63.600	1.7	53.03	56.30
Maascross	62.727	1.7	56.27	60.60
Apel	52.800	2.3	57.37	61.40
G.Putih	62.783	1.7	60.50	66.66
Hawai BWR	76.417	1.7	54.40	65.06
P.Rico	82.677	2.3	56.23	62.33
Saturnus	56.027	3.0	57.80	64.13

^aRokayah (1978)

Sedangkan untuk sifat-sifat saat berbunga, saat bunga mekar sempurna dan saat berbuah antar varietas menunjukkan perbedaan yang nyata (Tabel 3) dimana saat berbunga, pengamatan dilakukan pada saat muncul kuncup bunga pertama; saat bunga mekar sempurna, pengamatan dilakukan pada saat mekarnya bunga pertama dengan sempurna; saat berbuah, pengamatan dilakukan pada saat

gugurnya mahkota bunga atau terjadinya pembengkakan ovary (Rokayah, 1978).

Tabel 3. Rata-rata saat berbunga, saat bunga mekar sempurna dan saat berbuah^a

Varietas	Saat berbunga (hari)	Saat bunga mekar sempurna (hari)	Saat berbuah (hari)
Azes	11.07	21.30	25.17
Homestead	9.83	18.77	22.00
Maacross	11.60	20.30	23.20
Aple	13.13	23.07	26.50
G.Putih	11.03	21.40	24.07
Hawai BWR	10.43	20.77	23.33
P.Rico	10.50	19.67	21.93
Saturnus	12.30	22.17	24.83

^aRokayah (1978)

D. POLA RESPIRASI BUAH TOMAT

Proses metabolik yang terpenting sesudah panen adalah respirasi yang meliputi perombakan substrat organis. Namun demikian tidak selalu aktivitas metabolik ini bersifat katabolik yang merugikan, melainkan juga bisa menguntungkan seperti sintesa pigmen, enzim dan lain-lain material, khususnya perubahan-perubahan yang terjadi pada pemasakan buah-buahan (Apandi, 1984).

Menurut Winarno dan Wirakartakusumah (1981) respirasi adalah suatu proses metabolisme dengan cara menggunakan oksigen dalam pembakaran senyawa yang lebih kompleks, seperti pati, gula, protein, lemak dan asam organik, sehingga menghasilkan molekul yang lebih seder-

hana, seperti CO_2 dan air serta energi dan molekul lain yang dapat digunakan oleh sel untuk reaksi sintesa.

Pantastico, et al., (1986), melaporkan bahwa proses respirasi dapat dibedakan dalam tiga tingkat, yaitu 1) pemecahan polisakarida menjadi gula sederhana, 2) oksidasi gula menjadi asam piruvat, dan 3) transformasi piruvat dan asam-asam organik lainnya menjadi CO_2 , air dan energi.

Proses respirasi dapat diketahui dengan mengukur perubahan kandungan gula, jumlah ATP, jumlah O_2 yang diserap dan jumlah CO_2 yang dihasilkan. Dari keempatnya yang paling mudah dilakukan adalah mengukur jumlah CO_2 yang dihasilkan (Winarno dan Wirakartakusumah, 1981).

Laju respirasi merupakan petunjuk yang baik untuk daya simpan buah sesudah dipanen. Intensitas respirasi dianggap sebagai laju jalannya metabolisme maka sering dianggap sebagai petunjuk mengenai potensi daya simpan buah (Pantastico et al., 1986).

Menurut Rhodes (1970), pola respirasi buah dibagi dalam dua kelompok, yaitu buah klimakterik dan non klimakterik. Buah tomat termasuk buah klimakterik.

Menurut Metlitski, et al. (1972), selama periode pra-klimakterik laju respirasi rendah, selama periode klimakterik laju respirasi meningkat dengan cepat sampai maksimum dan pematangan buah dimulai, sedangkan pasca klimakterik laju respirasi mulai menurun kembali, proses pematangan buah sudah terbentuk, proses-proses biosinte-

sa praktis terhenti dan proses-proses dekomposisi menjadi sangat efektif dan buah mulai rusak.

Dari hasil penelitian yang dilakukan Rusmono et al. (1990) diperoleh laju respirasi tomat apel pada suhu 15°C adalah 5.209 cc/jam/kg untuk laju konsumsi O₂ dan 5.413 cc/jam/kg untuk laju produksi CO₂. Sedangkan pada suhu 20 °C adalah 6.054 cc/jam/kg untuk laju konsumsi O₂ dan 5.912 cc/jam/kg untuk laju produksi CO₂.

E. PERUBAHAN FISIKO-KIMIA SELAMA PEMATANGAN

1. Perubahan Kekerasan

Pektat merupakan komponen utama dari dinding primer dan lamella tengah pada dinding sel tanaman. Kandungan pektat adalah bagian dari gel hemiselulosa-pektin yang berfungsi sebagai elemen struktur dari suatu membran (Piknik dan Voragen, 1971).

Menurut Bourne (1981), dinding sel dan lapisan lamella tengah kira-kira 1-3 persen dari berat buah dan sayuran segar, membentuk suatu struktur padat dengan suatu campuran yang kebanyakan air.

Menurut Winarno dan Wirakartakusumah (1981), menurunnya kekerasan pada buah yang disimpan disebabkan oleh terdegradasinya hemiselulosa dan pektin. Pektin yang tidak dapat larut (protopektin) menurun jumlahnya, dan berubah menjadi asam pektat yang mudah larut dalam air.

Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Rusmono et al. (1990) dan Sinaga (1986) disimpulkan bahwa kekerasan tomat menurun sejalan dengan tingkat kematangannya, sehingga tomat dengan tingkat kematangan yang rendah akan mempunyai kekerasan yang lebih tinggi.

2. Perubahan Warna

Warna yang terdapat pada buah tomat disebabkan oleh pigmen yang dikandungnya. Pigmen tersebut terutama karoten, likopen, xantofil dan klorofil. Winarno dan Wirakartakusumah (1981), menyatakan bahwa pigmen utama pada buah tomat adalah karoten dan likopen.

Zat warna akan berubah selama pematangan atau penyimpanan. Menurut Pantastico, et al. (1986), untuk kebanyakan buah tanda kematangan pertama adalah hilangnya warna hijau. Kandungan klorofil buah yang sedang masak lambat laun berkurang.

Menurut Hobson dan Davies (1971), warna hijau tomat disebabkan adanya klorofil, yang berperan dalam proses fotosintesis selama pematangan. Dengan dimulainya proses pematangan buah, pigmen kuning (β -karoten dan xantofil) diproduksi sedangkan kandungan klorofil berkurang. Kemudian pigmen likopen yang berwarna merah akan terakumulasi dengan cepat. Menurut Rusmono et al. (1990) selama penyimpanan nilai warna tomat meningkat.

F. SIFAT FISIK WARNA

Secara fisik warna adalah suatu karakteristik dari cahaya yang intensitas dan panjang gelombangnya dapat diukur. Derajat warna suatu obyek dapat dideteksi dengan mengukur intensitas sinar yang dipantulkan pada panjang gelombang yang dapat diindera oleh mata manusia normal yaitu dari 380 sampai 700 nm (Kramer dan Twigg, 1966).

Warna yang terlihat pada suatu benda dibatasi oleh sumber sinar yang datang. Benda putih akan kelihatan merah apabila diterangi oleh cahaya merah dan akan kelihatan biru apabila diterangi cahaya biru. Jadi dalam membandingkan warna dari suatu benda haruslah digunakan sumber sinar yang standard (Nault, 1982).

Sinar yang datang pada suatu obyek ada yang dipantulkan, diteruskan, diserap atau dibiaskan. Sinar yang dipantulkan menyatakan bagian dari energi radian yang diemisikan oleh sumber sinar yang memantul kembali dari permukaan obyek yang disinari. Sinar yang diteruskan akan menembus obyek sedangkan sinar yang dibiaskan juga akan diteruskan namun sudut transmisinya berbeda (Kramer dan Twigg, 1966).

Bila semua energi radian pada spektrum sinar tampak dipantulkan dari permukaan benda yang tak tembus cahaya, maka obyek tersebut akan terlihat putih. Bila sinar diserap sebagian maka obyek akan terlihat abu-abu. Bila penyerapan sempurna maka obyek akan terlihat hitam.

Sifat-sifat ini, yang memandang hubungan antara pemantulan dan penyerapan sinar tanpa memperhatikan panjang gelombang sinar yang datang disebut *lightness* atau *value* (Kramer dan Twigg, 1966).

Bila penyerapan sinar yang datang hanya panjang gelombang tertentu sehingga sinar yang dipantulkan memiliki panjang gelombang tertentu pula maka obyek akan terlihat berwarna sesuai dengan panjang gelombang dominan yang dipantulkan. Sifat ini disebut dengan istilah *hue* (Kramer dan Twigg, 1966).

Jumlah sinar yang dipantulkan pada panjang gelombang tertentu merupakan atribut ketiga dari warna yang penting pula. Secara fisik hal ini disebut dengan kemurnian (*purity*) atau *chroma* (variasi intensitas warna) (Kramer dan Twigg, 1966)

G. PENYIMPANAN TOMAT DALAM SISTEM *MODIFIED ATMOSPHERE*

Menurut Do dan Salunkhe (1986), penyimpanan *modified atmosphere* adalah penyimpanan dimana kandungan O_2 dikurangi dan kandungan CO_2 ditambah dengan pengaturan pengemasan sehingga menghasilkan kondisi konsentrasi-konsentrasi tertentu melalui interaksi perembesan gas dan respirasi buah yang disimpan.

Perbedaan antara penyimpanan *controlled atmosphere* (CA) dengan *modified atmosphere* (MA) yaitu pada penyimpanan CA, konsentrasi O_2 dan CO_2 diatur secara terus menerus dengan peralatan eksternal, sedangkan pada

penyimpanan MA, konsentrasi O_2 dan CO_2 ditentukan oleh respirasi bahan dan permeabilitas atau kemampuan mengikat gas dari kemasan, ruang penyimpanan atau alat pengangkutan (Irving, 1984).

Penelitian *modified atmosphere* umumnya berhubungan dengan pengaruh komposisi gas dalam kemasan terhadap mutu dan masa simpan produk. Rusmono et al. (1990) menyimpulkan bahwa konsentrasi 3-6 persen O_2 dan 7-9 persen CO_2 merupakan kombinasi optimum yang paling baik untuk penyimpanan tomat. Hasil ini didapat dengan membandingkan kombinasi konsentrasi optimum dari hasil penelitian Setiawan et al. (1989), 9-12 persen O_2 dan 3-5 persen CO_2 ; Kidd dan West (1932), 6-9 persen O_2 dan 5-7 persen CO_2 ; dan Sinaga (1986), 3-6 persen O_2 dan 7-9 persen CO_2 .

H. PENYIMPANAN *MODIFIED ATMOSPHERE* DALAM KEMASAN PLASTIK

Penggunaan plastik sebagai bahan pengemas dapat melindungi dan mengawetkan buah dan sayuran yang disimpan, disamping produk yang dikemas menjadi lebih menarik (Pantastico, et al., 1986).

Sifat film kemasan yang cocok untuk penyimpanan buah-buahan dan sayur-sayuran adalah film yang lebih permeabel terhadap CO_2 daripada terhadap O_2 , sehingga laju akumulasi CO_2 dari respirasi lebih sedikit daripada laju penyusutan O_2 (Peleg, 1985). Setiawan et al. (1989) dan Rusmono et al. (1990) menyimpulkan bahwa kemasan yang cocok untuk penyimpanan tomat segar dalam

sistem penyimpanan *modified atmosphere* adalah *stretch film* atau disebut juga plastik amalgama dibandingkan dengan polyetilen, poly propilen maupun poly vinil chlorida.

Plastik amalgama juga mempunyai kemampuan mentransmisikan uap air yang sangat baik, sehingga tomat yang dikemas selama satu bulan tetap mempunyai penampilan (merah tua) yang baik .

Pengaruh rendahnya O_2 dan tingginya CO_2 dalam udara penyimpanan akan dapat memperlambat pematangan buah, menurunkan laju respirasi, menurunkan laju produksi etilen, memperlambat pembusukan dan menekan berbagai perubahan yang berhubungan dengan pematangan (Kader, 1986).

Selama penyimpanan dalam kemasan plastik, terjadi perubahan konsentrasi O_2 dan CO_2 , dimana konsentrasi O_2 akan menurun dan konsentrasi CO_2 akan meningkat sebagai akibat dari kegiatan respirasi.

Menurut Geeson, et al. (1985), perubahan konsentrasi O_2 dan CO_2 tersebut dalam suatu saat akan mencapai suatu keadaan kesetimbangan, dimana pada .saat ini terjadi sedikit sekali atau bahkan tidak ada perubahan konsentrasi O_2 dan CO_2 .

Rusmono et al. (1990) mengemukakan bahwa konsentrasi kesetimbangan gas O_2 dan CO_2 dalam kemasan *stretch film* dalam mangkok polystyrene pada suhu $15^\circ C$ adalah 7.60 persen O_2 dan 4.70 persen CO_2 , sedangkan pada suhu

20°C adalah 5.45 persen O₂ dan 5.25 persen CO₂. Walaupun konsentrasi kesetimbangan tidak mencapai konsentrasi optimum untuk penyimpanan tomat segar, yaitu 3-6 persen O₂ dan 7-9 persen CO₂, namun konsentrasi kesetimbangan tersebut sudah cukup baik untuk memperpanjang masa simpan.

Suhu penyimpanan berpengaruh terhadap sifat tomat selama penyimpanan. Menurut Soesarsono (1981), suhu penyimpanan yang baik pada buah tomat yang dipetik pada tingkat mature green adalah 14-16°C, dimana tomat akan mengalami pemasakan setelah 1 sampai 2 minggu.

Menurut Thorne dan Securajaregui (1981), untuk suhu antara 12-27°C, warna dan kekerasan adalah cukup baik sebagai indikator untuk penyimpanan buah tomat. Dibawah 12°C terjadi *chilling injury* dan diatas 27°C pematangan buah tomat terganggu. Sedangkan menurut Salunkhe dan Desai (1984), penyimpanan pada suhu dibawah 12.8°C, terjadi *chilling injury* pada buah tomat.

Masa simpan tomat pada suhu 15°C lebih tinggi dibandingkan masa simpan pada suhu 20°C untuk ketiga tingkat kematangan, yaitu tomat masak hijau, tomat seperempat masak dan tomat jingga muda (Rusmono et al., 1990).

Pantastico et al., (1986) menyatakan bahwa cara-cara lain untuk mempertahankan mutu tidak akan dapat berhasil dengan memuaskan tanpa pendinginan. Dalam iklim tropika yang panas, penyimpanan dalam udara terkendali tidak dianjurkan tanpa dikombinasikan dengan

pendinginan, oleh karena kerusakan akan berlangsung lebih cepat akibat penimbunan panas dan CO₂.

Teknik penyimpanan dengan *modified atmosphere* yang dikombinasikan dengan pendinginan merupakan cara yang baik untuk mencegah kerusakan dan dapat memperpanjang masa simpan.

dimana :

- K_y = permeabilitas terhadap O_2 (cc/m².jam)
- R_y = laju konsumsi O_2 (cc O_2 /Kg.jam)
- K_z = permeabilitas terhadap CO_2 (cc/m².jam)
- R_z = laju produksi CO_2 (cc CO_2 /Kg.jam)
- S = luas permukaan kemasan (m²)
- t = waktu (jam)
- V = volume bebas kemasan (cc)
- W = berat buah yang dikemas (Kg)
- y = konsentrasi O_2 dalam kemasan (persen)
- y_a = konsentrasi O_2 udara normal (persen)
- z = konsentrasi CO_2 dalam kemasan (persen)
- z_a = konsentrasi CO_2 udara normal (persen)

Dari persamaan (1) untuk laju respirasi konstan untuk O_2

$$\frac{Vdy}{dt} = SK_y (y_a - y) - WR_y$$

Untuk keadaan kesetimbangan

$$\frac{dy}{dt} = 0, y = \hat{y}$$

sehingga, $SK_y (y_a - y) = WR_y$

$$\hat{y} = y_a - \frac{W}{SK_y} R_y \quad (3)$$

Bila persamaan diatas diselesaikan dengan differensial, maka didapat

$$[y(t) - \hat{y}] = (y_a - y) e^{-SKy t/V}$$

atau

$$y(t) = \hat{y} + (y_a - y) e^{-SKy t/V} \quad (4)$$

Sedang untuk CO_2 , diperoleh

$$\hat{z} = z_a + \frac{W}{SKz} Rz \quad (5)$$

$$\text{dan } z(t) - \hat{z} = (z_a - z) e^{-SKz t/V}$$

$$z(t) = \hat{z} + (z_a - z) e^{-SKz t/V} \quad (6)$$

dimana :

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

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

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

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

Untuk persamaan (3) sampai (6) dapat digunakan untuk menduga kesetimbangan dan konsentrasi sesaat O_2 dan CO_2 pada temperatur konstan.

B. PENDUGAAN MASA SIMPAN

Labuza (1983) menyatakan bahwa apabila perubahan mutu dipandang sebagai reaksi kimia dalam sistem makanan, maka perubahan mutu tersebut umumnya mengikuti persamaan differensial ordo pertama (pseudo-first-order). Apabila perubahan zat A menjadi zat B ($A \rightarrow B$), maka persamaan differensial ordo pertama dapat ditulis:

$$\frac{dA}{dt} = k A \quad (7)$$

dimana ; k = konstanta laju perubahan zat A

Rusmono et al. (1990) memperkirakan masa simpan buah tomat menggunakan indikator kekerasan. Laju penurunan kekerasan diasumsikan mengikuti model persamaan differensial ordo pertama.

Apabila nilai kekerasan sebesar D kPa, maka persamaan ordo pertama dapat ditulis:

$$\frac{dD}{dt} = - kD \quad (8)$$

dimana:

D = nilai kekerasan tomat (kPa)

t = lama penyimpanan (hari)

k = konstanta laju penurunan kekerasan (hari^{-1})

Dengan mengintegrasikan persamaan (8) dan dengan memasukkan kondisi batas $t=0$ dan $D=D_0$, maka didapat

$$D = D_0 \exp (-kt) \quad (9)$$

Dalam hal ini D_0 adalah nilai kekerasan tomat awal (kPa).

Bila nilai kesetimbangan kekerasan tomat (D_e) diperhitungkan, maka persamaan (8) menjadi

$$\frac{dD}{dt} = -k(D-D_e) \quad (10)$$

Dengan mengintegrasikan persamaan (10) pada kondisi batas $t=0$, $D=D_0$ dan $t=\infty$, $D=D_e$, diperoleh

$$\frac{D(t)-D_e}{D_0-D_e} = \exp(-kt) \quad (11)$$

Besarnya konstanta laju penurunan kekerasan (k) merupakan slope dari grafik antara kekerasan dan lama penyimpanan. Namun secara matematik besarnya konstanta laju penurunan kekerasan adalah koefisien dari suatu persamaan regresi.

Pada penelitian ini nilai konstanta laju penurunan kekerasan merupakan fungsi umur petik.

Thorne dan Segurajaregui (1981) mengembangkan persamaan yang menjelaskan hubungan antara warna dan kekerasan dengan suhu penyimpanan dan waktu untuk buah tomat kultivar Nemato. Persamaan ini dapat digunakan untuk memperkirakan perubahan warna dan kekerasan buah tomat yang disimpan pada kondisi suhu 12-27°C.

Perubahan warna tomat sejalan dengan waktu, yaitu

$$\ln \frac{(a_L/b_L) - (a_L/b_L)_{mg}}{(a_L/b_L)_{rr} - (a_L/b_L)} = 4.54 + 6.17 \frac{t}{27.5 - T} \quad (12)$$

dimana: (a_L/b_L) = perbandingan nilai Hunter untuk contoh tomat

$(a_L/b_L)_{mg}$ = perbandingan nilai Hunter untuk tomat berwarna hijau (mature green)

$(a_L/b_L)_{rr}$ = perbandingan nilai Hunter untuk tomat berwarna merah tua (red ripe)

t = waktu

T = suhu

Sedangkan untuk kekerasan, persamaan yang diperoleh adalah

$$d = 1.5 + 9.7 \frac{t}{27.0 - T} \text{ cm} \times 10^{-2} \quad (13)$$

dimana: d = penetrasi dari penetrometer

IV. BAHAN DAN METODELOGI PENELITIAN

A. TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian lapang dilakukan di lahan perkebunan tomat apel PT Bio Nusantara Teknologi, Semplak, Kabupaten Bogor.

Penelitian penyimpanan tomat dilakukan di Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian, Jurusan Mekanisasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Analisa sifat fisika dilakukan di Laboratorium Fisika, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pangan (PUSBANGTEPA), IPB Bogor.

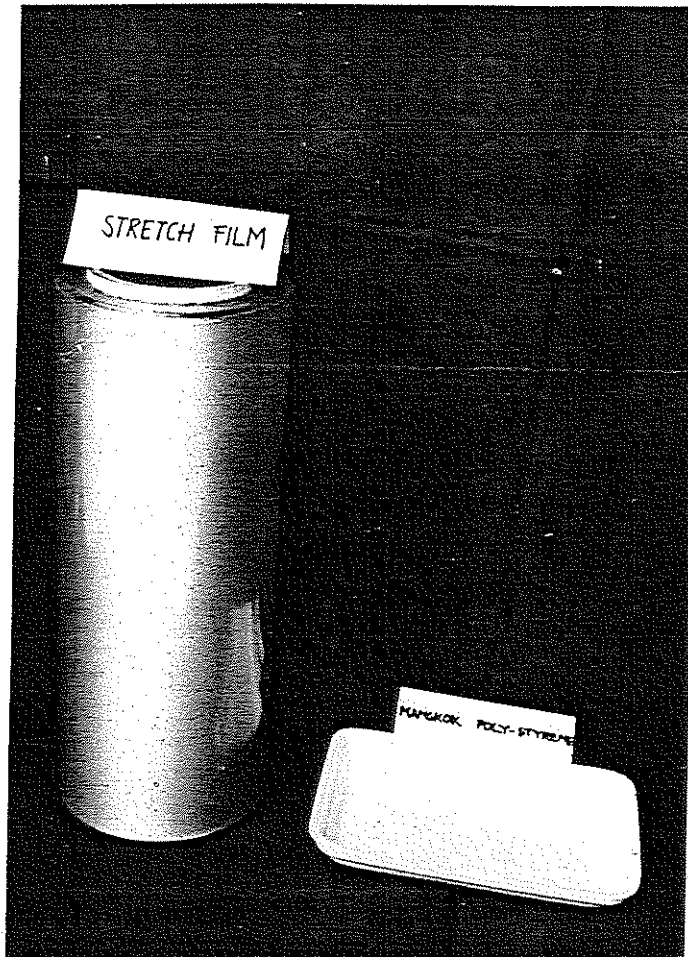
Penelitian dilakukan selama 8 bulan, mulai bulan April sampai November 1990.

B. BAHAN DAN ALAT

Bahan utama yang digunakan adalah tomat apel segar (*Lycopersicon esculentum f. piriforme*) varietas Arjuna dengan umur petik berbeda yang diperoleh dari tanaman tomat yang ditanam secara hidroponik di lahan perkebunan P.T. Bio Nusantara Teknologi, Semplak, Kabupaten Bogor.

Bahan lain yang digunakan adalah kemasan film plastik jenis *stretch film* dan mangkok polystyrene (Gambar 1).

Alat yang digunakan untuk mengukur laju pertumbuhan buah tomat adalah jangka sorong. Dan untuk mengukur berat tomat digunakan neraca sartorius 1104.

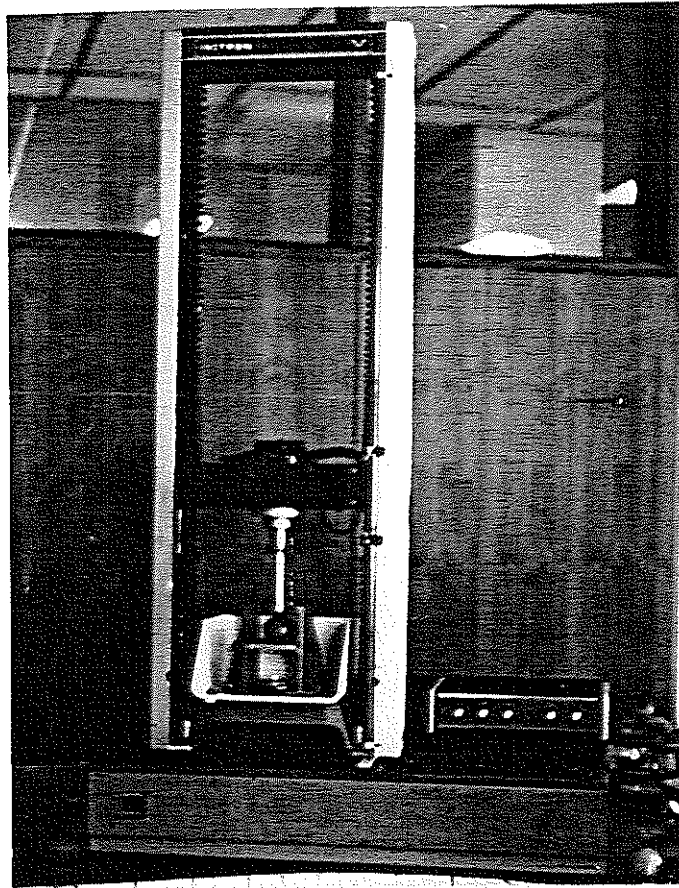


Gambar 1. Plastik *stretch film* dan mangkok polystyrene

Alat yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelengasan udara lingkungan adalah *hygro-thermograf*.

Alat yang digunakan untuk mengukur kekerasan tomat adalah mesin Instron 1140 dengan probe berupa *plunger* tipe *Compression Anvils* (Gambar 2).

Alat yang digunakan untuk mengukur konsentrasi gas O_2 adalah *Cosmotector* tipe XPO- 318, sedangkan alat yang digunakan untuk mengukur konsentrasi gas CO_2 adalah *Cosmotector* tipe XP- 314B (Gambar 3).



Gambar 2. Pengukuran kekerasan tomat dengan mesin Instron



Gambar 3. Cosmotector XPO-318 dan XP-314B

Pengukuran warna tomat dilakukan secara visual dengan menggunakan standar warna dari *Dictionary of Color* yang dinyatakan dengan nilai Hue, Value dan Chroma (Maerz dan Paul, 1950) (Lampiran 1). Kemudian data warna pengamatan dinyatakan dalam nilai digit (Lampiran 2).

Untuk penyimpanan tomat pada suhu yang diinginkan digunakan ruang pendingin (cold storage).

C. METODE PENELITIAN

1. Penelitian Lapang

Penelitian lapang bertujuan untuk menentukan hubungan umur petik tomat dengan tingkat kematangan berdasarkan sifat karakteristik tomat.

Penelitian lapang ini juga bertujuan untuk mengetahui laju pertumbuhan buah tomat, yang diamati dari perubahan diameter tomat dan juga diamati perubahan warna tomat. Bila laju pertumbuhan buah tomat telah diketahui, kemudian ditentukan umur petik buah tomat.

Umur petik buah tomat dihitung saat terjadinya pembengkakan ovary (Gambar 4) hingga buah tomat masak (berwarna merah tua).

Selang umur petik buah tomat yang diambil untuk penyimpanan dalam sistem *modified atmosphere* dilihat dari hasil pengamatan buah tomat selama pertumbuhan, yaitu setelah laju perubahan diameter

buah tomat relatif kecil dan sebelum terjadinya tahap pematangan (ripening).

Pada tahap penelitian ini ditentukan 15 tanaman tomat secara acak. Kemudian pada klaster ke-2, ke-8 dan ke-13 dari tanaman tomat, dilakukan pengamatan laju pertumbuhan buah tomat pada selang waktu tertentu.

Pengamatan yang dilakukan meliputi penentuan hubungan umur petik tomat dengan tingkat kematangan berdasarkan sifat karakteristik tomat, pengukuran laju perubahan diameter buah tomat dan pengukuran warna tomat.

Juga dilakukan pengamatan terhadap suhu dan kelembasan udara lingkungan tanaman tomat (Gambar 5).

2. Penentuan umur petik optimal tomat untuk penyimpanan *modified atmosphere*

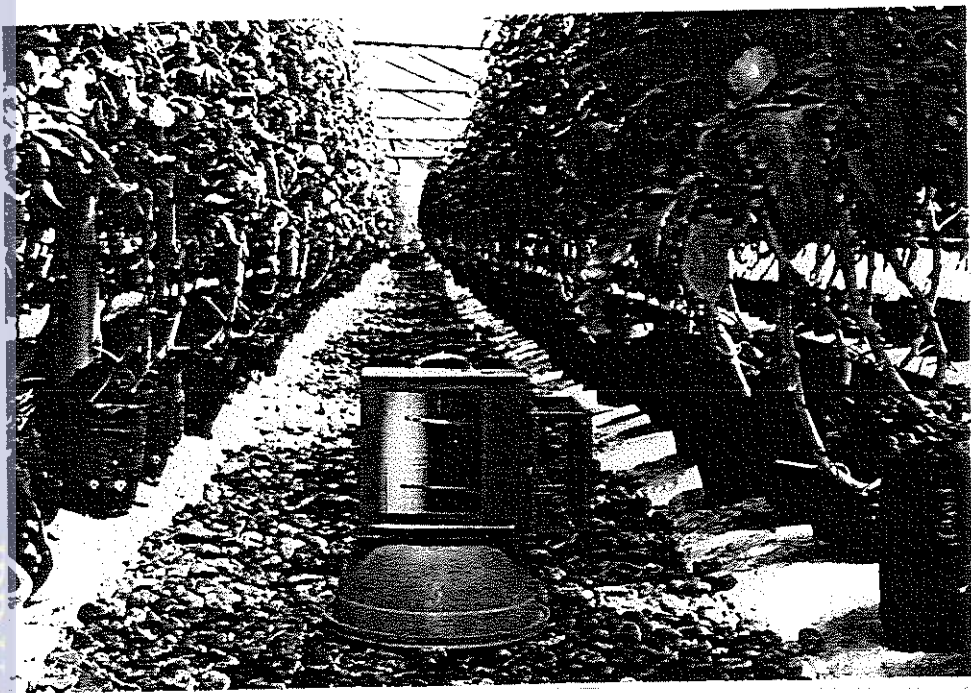
Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan umur petik optimal dari buah tomat yang disimpan dalam sistem *modified atmosphere* dalam periode awal masak hijau.

Selang umur petik buah tomat untuk penyimpanan *modified atmosphere* diperoleh dari hasil penelitian lapang, sebanyak 3 taraf.

Tomat dengan tiga taraf umur petik dikemas dalam mangkok polystyrene yang dibungkus dengan kemasan plastik *stretch film*. Penyimpanan dilakukan pada suhu 15°C (Gambar 6).



Gambar 4. Ovary tomat yang mulai membesar



Gambar 5. Pengukuran suhu dan kelembapan udara lingkungan tanaman tomat dengan thermohygrogaf

Perubahan mutu yang terjadi pada tomat dalam kemasan *modified atmosphere* diuji dengan panel test setelah tomat mencapai warna merah tua.

Pengamatan dilakukan terhadap perubahan warna buah tomat, kerusakan yang disebabkan mikroorganisme atau jamur dan kerusakan lainnya (pengaruh O_2 dan CO_2 , suhu) secara visual dan perubahan kekerasan tomat dalam kemasan *modified atmosphere*.

Sebagai kontrol, juga dilakukan pengamatan terhadap tomat yang tidak dikemas selama penyimpanan pada suhu $15^{\circ}C$. Juga dilakukan pengamatan terhadap tomat yang dikemas dan tidak dikemas selama penyimpanan pada suhu ruang. (Gambar 7).

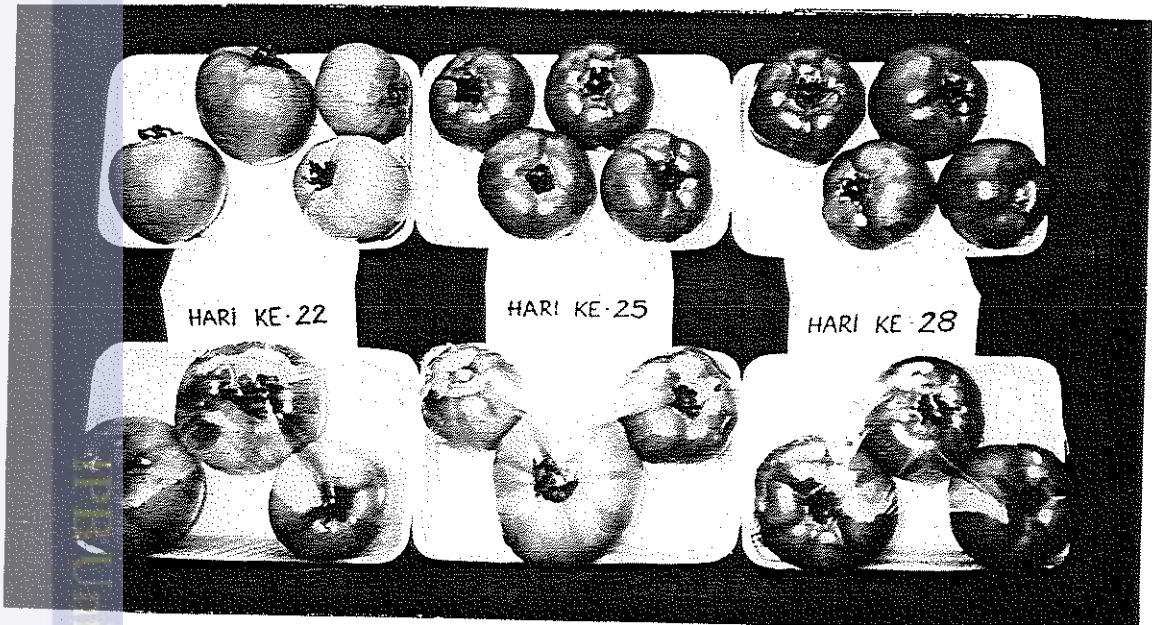
Pengukuran susut bobot tomat juga dilakukan terhadap tomat yang dikemas dalam mangkok polystyrene pada suhu $15^{\circ}C$.

Dalam penelitian ini, juga dilakukan pengukuran konsentrasi kesetimbangan gas O_2 dan CO_2 dalam kemasan plastik *stretch film* pada suhu $15^{\circ}C$. Juga dilakukan pendugaan konsentrasi kesetimbangan gas O_2 dan CO_2 dalam kemasan.

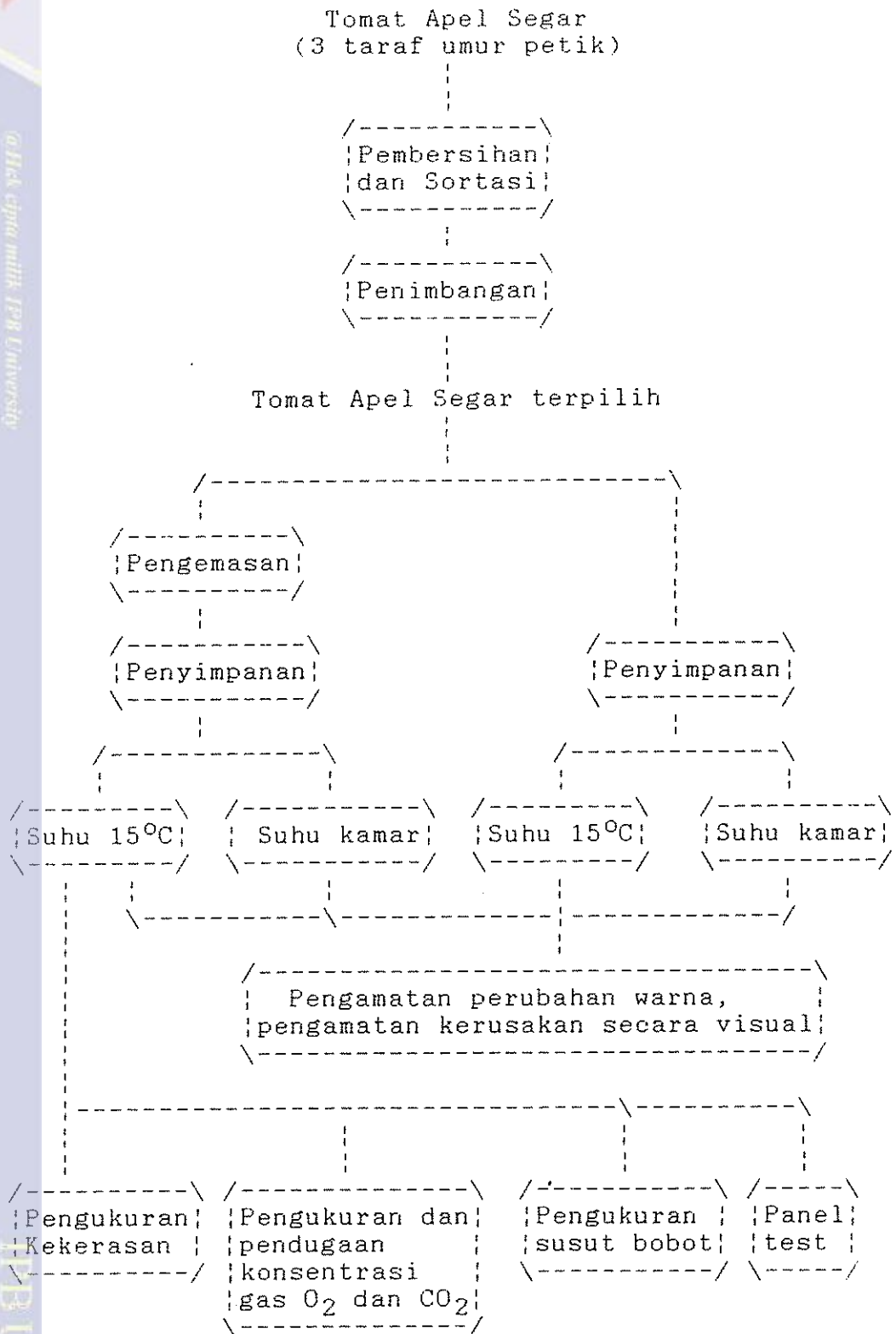
Untuk pendugaan konsentrasi kesetimbangan gas O_2 dan CO_2 dalam kemasan *modified atmosphere*, sekitar 500 gram tomat dikemas dalam mangkok polystyrene dengan plastik *stretch film*. Lalu dilakukan pengukuran terhadap volume bebas (V) dan luas permukaan kemasan (S). Kemasan yang berisi tomat dibuat lubang



Gambar 6. Penyimpanan tomat pada suhu 15°C dalam cold storage



Gambar 7. Penyimpanan tomat pada suhu ruang



Gambar 8. Bagan alir penelitian penentuan umur petik optimal tomat untuk penyimpanan *modified atmosphere*

pada alas mangkok untuk mengukur konsentrasi gas O_2 dan CO_2 . Pengukuran gas O_2 dan CO_2 dilakukan setiap hari sampai mencapai konsentrasi kesetimbangan. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak dua kali. Hasil pengukuran pada penelitian ini dibandingkan dengan hasil pendugaan dengan menggunakan model komputer.

3. Penerapan model pendugaan masa simpan

Tahap penelitian ini bertujuan untuk menerapkan model pendugaan masa simpan tomat dalam kemasan *modified atmosphere*, dengan mendapatkan hubungan umur petik dengan nilai kekerasan tomat.

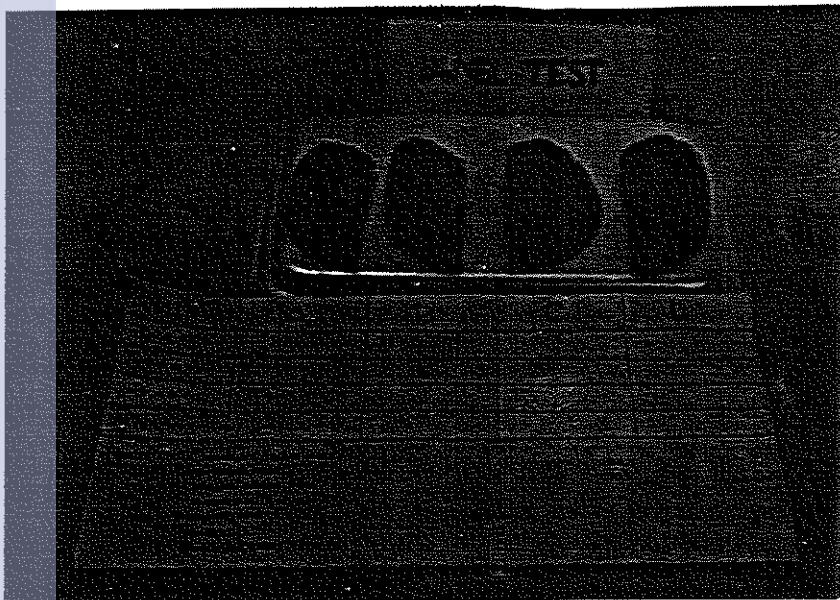
Sebelum dilakukan penerapan model, dilakukan penentuan batas masa simpan tomat apel dengan uji organoleptik terhadap kekerasan tomat. Pengujian dilakukan dengan uji perbandingan terhadap 5 (lima) tomat dengan warna dan kekerasan yang berbeda. Sepuluh orang panelis membandingkan contoh yang disajikan dan memberikan tingkat perbedaannya, dengan dua kali ulangan. Skala hedonik yang digunakan pada uji dari 1 (satu) sampai 7 (tujuh) (Gambar 9). Data yang diperoleh dianalisa dengan menggunakan analisis sidik ragam (Soekarto, 1985).

Penerapan model pendugaan masa simpan dilakukan dengan mengukur nilai kekerasan tomat yang dikemas dalam mangkok polystyrene pada suhu $15^{\circ}C$ untuk ketiga

taraf umur petik sampai tomat mencapai batas masa simpan.

Model matematik yang digunakan untuk menduga nilai kekerasan tomat adalah $D/D_0 = \exp(-kt)$ (persamaan 9) dan $(D(t) - D_e)/(D_0 - D_e) = \exp(-kt)$ (persamaan 11).

Pada tahap penelitian ini juga dilakukan uji kekerasan terhadap tomat mulai dari umur petik tomat taraf pertama sampai tomat mencapai warna merah tua.



Gambar 9. Panel test

Data yang diperoleh digunakan untuk menerapkan model pendugaan masa simpan tomat dalam kemasan *modified atmosphere*. Dari data tersebut, masukan (input) model pendugaan masa simpan tomat apel segar dalam kemasan *modified atmosphere* adalah umur petik (U) dalam periode awal masak hijau, sehingga laju penurunan kekerasan merupakan fungsi umur petik.

Pengujian model

Pengujian model dilakukan untuk mengetahui apakah model yang digunakan tersebut dapat menggambarkan keadaan sesungguhnya atau tidak, maka dilakukan perbandingan antara data kekerasan hasil model dengan data kekerasan hasil pengamatan. Pengujian dilakukan terhadap nilai tengah dari kedua data tersebut dengan uji statistik. Selain itu juga dilihat koefisien determinasi dari kedua model untuk mengukur tingkat keterandalan model mana yang lebih tinggi dan simpangan model (Musa dan Nasoetion, 1988).

$$R^2 = 1 - \frac{(JK \text{ sisa}/n)}{(JK \text{ umum}/n)} \quad (14)$$

dimana: JK sisa = $E(X_i - X_j)^2$

JK umum = $E(X_i - \bar{X}_j)^2$

n = banyaknya data

D. PENGAMATAN DAN PENGUKURAN

1. Kekerasan

Pengukuran kekerasan dilakukan dengan menggunakan mesin Instron 1140. Tomat, diletakkan dibawah probe (sensor berbentuk silinder) berupa *plunger* tipe *compression anvils* dengan diameter 3.595 cm. Selanjutnya tomat ditekan dengan beban 50 kg. Pembebanan dihentikan sampai tomat pecah. Kecepatan beban dan kecepatan kertas yang digunakan adalah 50 mm/menit.

Nilai kekerasan dihitung dengan menggunakan rumus modulus secant (E) berdasarkan grafik yang dihasilkan oleh recorder. Rumus modulus secant (E) berdasarkan grafik yang dihasilkan oleh recorder. Rumus modulus secant (E) adalah sebagai berikut (Brandt, et al., 1963):

$$E = \frac{r}{\Delta L/L} \quad (15)$$

dimana : $r = \frac{m \times g}{A}$

$$\Delta L/L = \frac{\text{kecepatan turunnya beban} \times T}{\text{kecepatan turunnya kertas}}$$

dimana :

A = luas penampang sensor penekan (m^2)

m = beban/kotak (kg/kotak)

g = gravitasi (9.81 m/dt^2)

T = tinggi tomat (kotak); 1 cm=5 kotak

kecepatan turunnya beban = 50 mm/menit

kecepatan turunnya kertas = 50 mm/menit

E = modulus secant (Pa)

2. Warna

Pengukuran warna dilakukan dengan menggunakan standard warna dari *Dictionary of Color* (Maerz dan Paul, 1950). Urutan warna dalam *Dictionary of Color* ini berdasarkan spektrum (penguraian cahaya dalam berbagai warna), dibagi dalam 7 (tujuh) kelompok utama, yaitu: merah ke orange (RY), orange ke kuning

(Y), kuning ke hijau (YG), hijau ke campuran biru-hijau (G), campuran biru-hijau ke biru (B), biru ke merah (RP), ungu ke merah (R) (Lampiran 1).

Pada masing-masing kelompok disajikan dalam 8 (delapan) *plate* warna yang berurutan. Masing-masing dengan degradasi warna yang kecil, mulai dari tingkat warna yang kuat sampai putih. *Plate* pertama dengan chroma (purity) yang penuh, 7 (tujuh) *plate* berikutnya makin meningkat besarnya warna abu-abu sampai warnanya mendekati hitam. Masing-masing *plate* dibagi menjadi 12 (dua belas) baris dan 12 (dua belas) kolom, disajikan dalam 12 (dua belas) perubahan warna, mulai dari hue yang kuat pada ujung yang satu sampai tidak ada hue pada ujung lainnya. Sehingga jika klasifikasi utama dari suatu warna telah diketahui, dapat dengan cepat ditentukan termasuk dalam kelompok warna yang mana dan pada *plate* yang mana dan dimana tepatnya.

Untuk menentukan nama suatu warna dengan pasti (nama ilmiah) dapat dinyatakan secara terperinci dengan menyatakan nilai chroma, hue dan value-nya.

Contoh: Tomat 3RY(Red Yellow)1/9', yaitu 3 menyatakan chroma, 1 menyatakan value dan 2 menyatakan hue.

Berdasarkan data warna pengamatan tomat tadi, kemudian dilakukan pengkuantitatifan data warna dengan menyatakan data warna pengamatan dalam nilai digit (Lampiran 2).

E. RANCANGAN PERCOBAAN

Rancangan percobaan yang digunakan dalam menentukan batas masa simpan tomat untuk tingkat kesukaan konsumen adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan percobaan faktorial dan ulangan sebanyak dua kali. Uji beda nyata terkecil digunakan pada uji organoleptik untuk membedakan nilai kesukaan konsumen antar perlakuan. Model matematika rancangan adalah (Steel dan Torrie, 1980):

$$Y_{ijk} = u + T_i + C_j + TC_{ij} + E_{k(ij)} \quad (16)$$

dimana:

- u = nilai tengah umum
- Y_{ijk} = variabel respon karena pengaruh bersama taraf ke i faktor T dan taraf ke j faktor C yang terdapat pada pengamatan ke k
- T_i = efek sebenarnya dari taraf ke i faktor T
- C_j = efek sebenarnya dari taraf ke j faktor C
- TC_{ij} = efek sebenarnya dari interaksi antara taraf ke i faktor T dengan taraf ke j faktor C
- $E_{k(ij)}$ = efek sebenarnya dari unit eksperimen ke k dalam kombinasi perlakuan (ij) (pengaruh galat)
- i = 1, 2
- j = 1, 2, 3, 4
- k = 1, 2

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. PENELITIAN LAPANG

Pembentukan buah yang merupakan fase pertumbuhan cepat jaringan ovary, ditandai dengan meningkatnya pembelahan sel pada jaringan ovary. Pertambahan bobot dan besar buah merupakan hasil dari pembelahan dan pembesaran sel. Pembelahan sel dominan pada tahap awal pembesaran buah, sedangkan pembesaran sel dominan pada tahap berikutnya. Pada tanaman tomat pembelahan sel berhenti ketika pembesaran sel dimulai (Weaver, 1972).

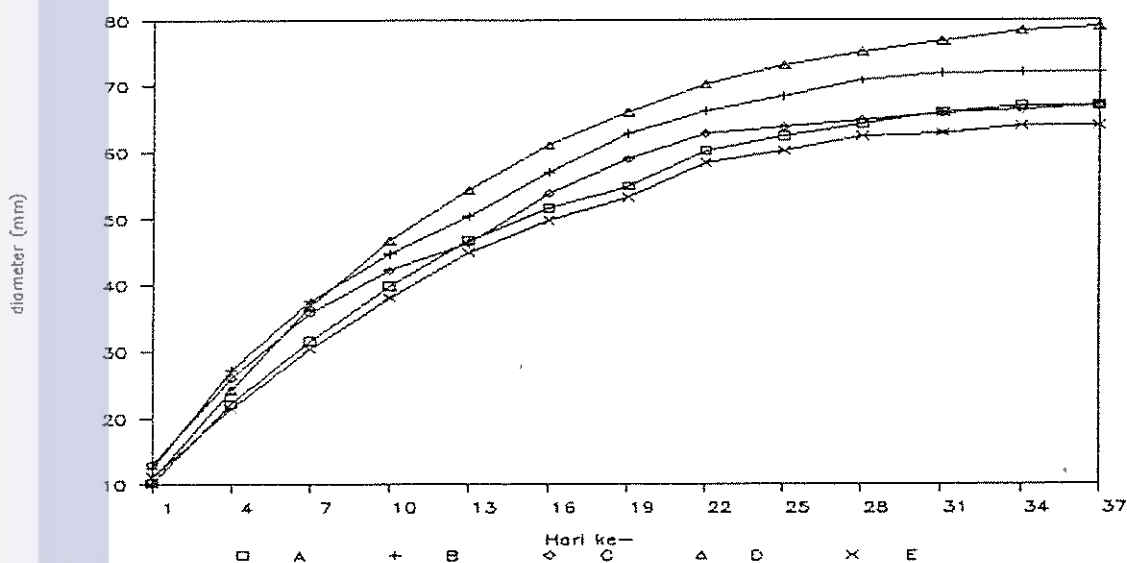
Pada tanaman tomat di lahan perkebunan, umumnya pada tiap klaster terdapat 2-3 buah tomat, agar ukuran buah tomat yang dihasilkan cenderung lebih besar. Buah cenderung berukuran lebih kecil, apabila jumlah buah per tanaman meningkat. Ini disebabkan persaingan antar buah untuk memperoleh fotositrat (Janick, 1972).

Hasil pengamatan laju perubahan diameter buah tomat selama pertumbuhan pada klaster ke-2, ke-8 dan ke-13 yang dilakukan pada tanaman tomat apel dapat dilihat pada Tabel 4,5 dan 6 serta Gambar 10, 11 dan 12.

Dari Gambar terlihat laju perubahan diameter buah tomat tidak seragam. Untuk klaster ke-2, diameter buah tomat mula-mula pada hari pertama, berturut-turut 10.31 mm, 12.38 mm, 13.11 mm, 10.85 mm dan 11.33 mm. Pada hari ke-37, saat pemetikan, pada saat warna tomat mencapai merah tua (6RY11/11), diameter buah tomat telah

Tabel 4. Perubahan diameter buah tomat selama pertumbuhan (klaster 2)

Hari ke	diameter				
	A	B	C	D	E
1	10.31	12.38	13.11	10.85	11.33
4	22.08	27.21	26.03	24.10	21.42
7	31.55	37.58	35.82	36.82	30.32
10	39.87	44.76	42.22	46.81	38.16
13	46.72	50.32	46.27	54.28	44.89
16	51.47	57.03	53.81	61.12	49.72
19	54.88	62.77	58.93	66.02	53.18
22	60.31	66.32	62.77	70.23	58.36
25	62.37	68.52	63.92	73.11	60.29
28	64.22	70.81	64.88	75.07	62.44
31	66.09	71.92	65.92	76.67	62.93
34	67.11	72.17	66.51	78.32	64.08
37	67.14	72.18	66.97	78.96	64.08

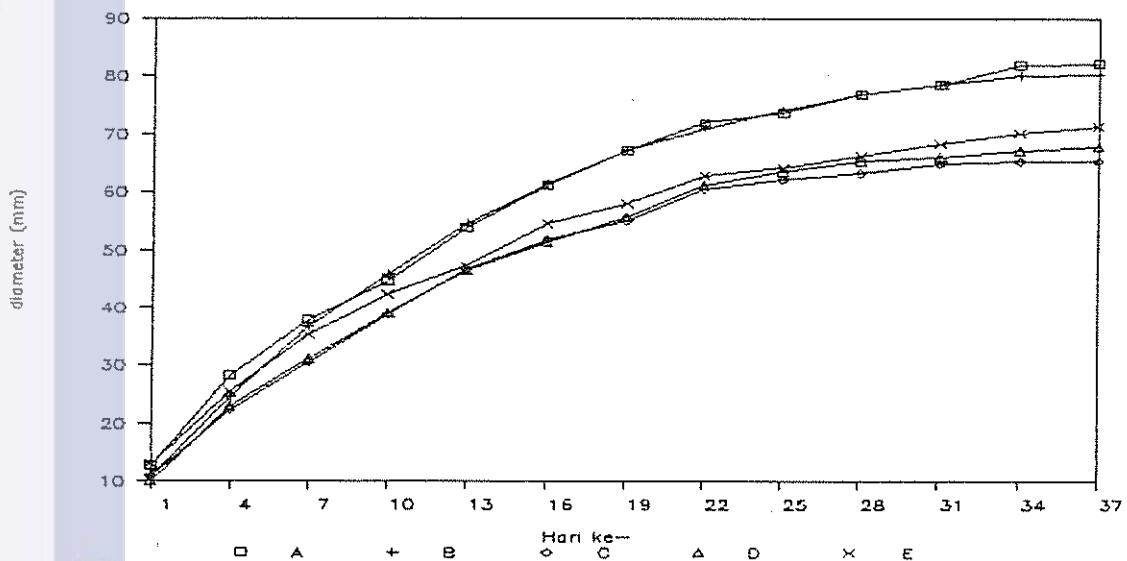


Keterangan: A,B,C,D,E = tomat pada tanaman ke-1, ke-2, ke-3, ke-4, ke-5

Gambar 10. Grafik laju perubahan diameter buah tomat selama pertumbuhan (klaster 2)

Tabel 5. Perubahan diameter buah tomat selama pertumbuhan (klaster 8)

Hari ke	diameter				
	A	B	C	D	E
1	12.86	10.97	11.04	10.06	13.02
4	28.32	24.63	22.34	23.01	25.43
7	37.98	36.73	30.53	31.34	35.39
10	44.57	45.78	38.88	38.98	42.31
13	53.76	54.56	46.62	46.45	47.28
16	61.08	61.44	51.66	51.33	54.45
19	67.22	67.09	54.88	55.62	57.87
22	71.87	70.93	60.58	61.23	62.87
25	73.52	74.12	62.04	63.46	64.23
28	76.84	76.87	63.23	65.36	66.18
31	78.45	78.34	64.88	66.09	68.35
34	81.97	79.97	65.28	67.12	70.07
37	82.03	80.32	65.32	67.84	71.28

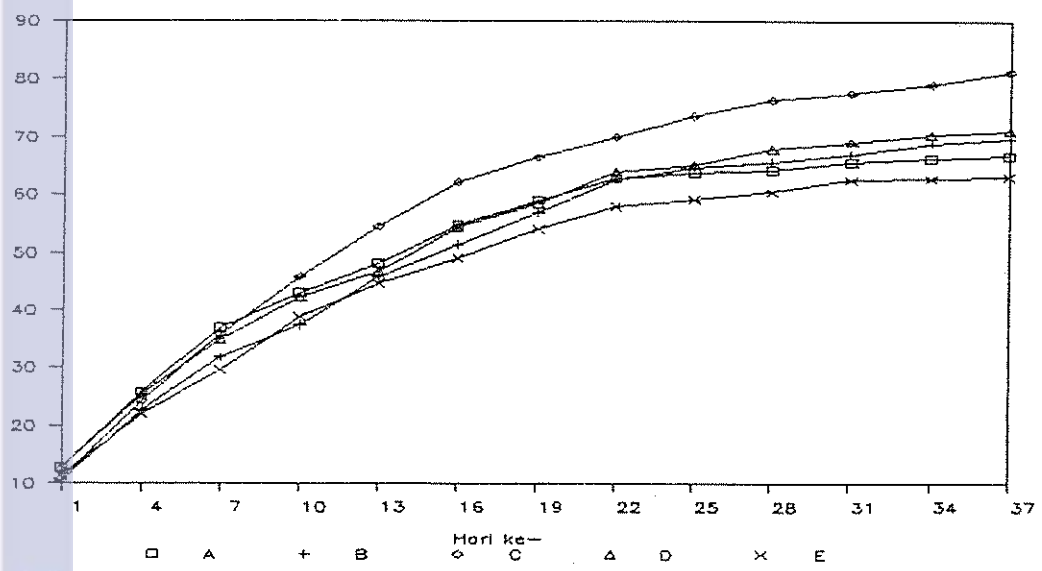


Keterangan: A,B,C,D,E = tomat pada tanaman ke-1, ke-2, ke-3, ke-4, ke-5

Gambar 11. Grafik laju perubahan diameter buah tomat selama pertumbuhan (klaster 8)

Tabel 6. Perubahan diameter buah tomat selama pertumbuhan (klaster 13)

Hari ke	diameter				
	A	B	C	D	E
1	12.89	10.54	10.88	12.78	11.44
4	25.86	22.87	24.33	25.46	22.05
7	36.92	31.86	35.84	34.85	29.59
10	43.04	37.46	45.87	42.26	38.76
13	48.13	45.69	54.39	46.78	44.64
16	54.75	51.25	62.14	54.32	48.96
19	58.98	56.79	66.35	58.37	54.06
22	62.87	62.52	69.97	63.83	57.87
25	63.72	64.64	73.69	65.17	59.02
28	64.21	65.46	76.42	67.84	60.39
31	65.56	66.89	77.54	69.09	62.44
34	66.32	68.86	79.23	70.36	62.68
37	66.72	69.74	81.22	71.04	62.98



Keterangan: A,B,C,D,E = tomat pada tanaman ke-1, ke-2, ke-3, ke-4, ke-5

Gambar 12. Grafik laju perubahan diameter buah tomat selama pertumbuhan (klaster 13)

Halo, saya adalah asisten dosen yang bertugas membantu proses belajar mengajar di kelas. Saya akan membantu Anda dalam menyelesaikan tugas-tugas Anda. Jika ada pertanyaan, silakan hubungi saya. Terima kasih.

menjadi, berturut-turut 67.14 mm, 72.18 mm, 66.97 mm, 78.96 mm dan 64.08 mm. Dan berat buah tomat pada saat pemetikan berturut-turut 164.6 gram, 178.9 gram, 163.8 gram, 197.2 gram dan 158.4 gram.

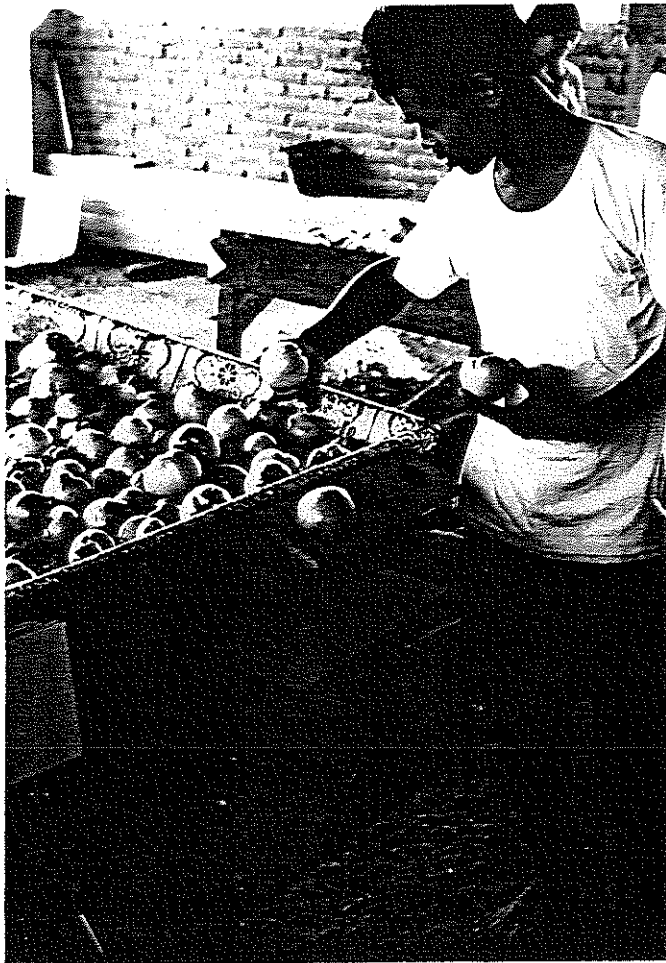
Untuk klaster ke-8, diameter buah tomat mula-mula pada hari pertama, berturut-turut 12.86 mm, 10.97 mm, 11.04 mm, 10.06 mm dan 13.02 mm. Pada hari ke-37, saat pemetikan, pada saat warna tomat mencapai merah tua (6RY11/11), diameter buah tomat telah menjadi, berturut-turut 82.03 mm, 80.32 mm, 65.32 mm, 67.84 mm dan 71.28 mm. Dan berat buah tomat pada saat pemetikan berturut-turut 238.3 gram, 201.8 gram, 162.3 gram, 165.1 gram dan 178.8 gram.

Untuk klaster ke-13, diameter buah tomat mula-mula pada hari pertama, berturut-turut 12.89 mm, 10.54 mm, 10.88 mm, 12.78 mm dan 11.44 mm. Pada hari ke-37, saat pemetikan, pada saat warna tomat mencapai merah tua (6RY11/11), diameter buah tomat telah menjadi, berturut-turut 66.72 mm, 69.74 mm, 81.22 mm, 71.04 mm dan 62.98 mm. Dan berat buah tomat pada saat pemetikan berturut-turut 163.2 gram, 168.7 gram, 236.1 gram, 178.1 gram dan 156.8 gram.

Tomat apel yang dihasilkan di lahan perkebunan ini, umumnya dikelompokkan dalam 4 kelas berdasarkan diameternya, yaitu kelas 1 untuk tomat yang berdiameter diatas 80 mm, kelas 2 untuk tomat yang berdiameter 70-

80 mm, kelas 3 untuk tomat yang berdiameter 55-70 mm dan kelas 4 untuk tomat yang berdiameter dibawah 55 mm (Gambar 13).

Umumnya berat tomat kelas 1 yang dihasilkan berkisar dari 300 sampai 500 gram, kelas 2 berkisar 100-300 gram, kelas 3 berkisar 60-100 gram dan kelas 4 dibawah 60 gram.



Gambar 13. Pengelompokan tomat berdasarkan diameter

Perubahan warna buah tomat baik untuk klaster ke-2, ke-8 maupun ke-13 umumnya seragam (Tabel 7,8 dan 9). Warna buah tomat meningkat dari hijau muda (1YG5/2) hingga merah tua (6RY11/11) (Tabel 10 dan Gambar 16).

Perubahan warna buah tomat dimulai dengan hilangnya warna hijau, dimana kandungan klorofil buah yang sedang masak lambat laun berkurang. Selanjutnya Hobson dan Davies (1971) menyatakan bahwa dengan dimulainya proses pematangan, pigmen kuning diproduksi. Kemudian pada tahap kematangan berikutnya, pigmen merah (likopen) akan terakumulasi.

Dari hasil pengamatan yang dilakukan selama pertumbuhan pada buah tomat, umumnya buah tomat mulai mengalami keretakan (cracking) pada saat warna tomat mencapai 2Y6/4 (Gambar 14) dan semakin lama keretakan semakin besar hingga tomat hampir pecah (Gambar 15). Karena itu biasanya pemetikan (panen) tomat dilakukan sebelum buah tomat retak, yaitu pada saat warna tomat 1YG2/5 atau maksimum pada warna 3YG1/9. Ini dapat disebabkan suhu lingkungan yang relatif tinggi, yaitu berkisar dari 24-31°C dengan kelembasan udara berkisar dari 50-85 persen. Menurut Knott (1958) suhu bulanan rata-rata yang sesuai untuk pertumbuhan tomat berkisar antara 20°C-29°C. Dan tomat dapat tumbuh dengan baik apabila kelembaban udara di atas 40 persen. Tetapi apabila kelembaban mencapai 80 persen disertai dengan suhu yang tinggi

Tabel 7. Perubahan warna buah tomat selama pertumbuhan (klaster 2)

Hari ke	warna				
	A	B	C	D	E
1	1YG5/2	1YG5/3	1YG5/2	1YG5/2	1YG5/3
4	1YG5/3	1YG5/3	1YG5/3	1YG5/3	1YG5/3
7	1YG5/3	1YG5/3	1YG5/3	1YG5/3	1YG5/3
10	1YG5/3	1YG5/4	1YG5/3	1YG5/3	1YG4/4
13	1YG4/4	1YG4/4	1YG4/4	1YG5/4	1YG4/4
16	1YG4/4	1YG4/4	1YG3/4	1YG4/4	1YG3/4
19	1YG3/4	1YG4/5	1YG4/5	1YG3/4	1YG4/5
22	1YG3/5	1YG4/5	1YG3/5	1YG4/5	1YG4/5
25	1YG3/6	1YG3/5	1YG3/6	1YG3/6	1YG3/6
28	1YG2/5	1YG2/5	1YG2/5	1YG2/5	1YG2/5
29	2YG2/3	2YG2/3	2YG2/3	2YG2/4	2YG2/4
30	3YG1/9	3YG1/7	3YG1/9	3YG1/9	3YG1/9
31	2Y6/4	1Y7/3	1Y6/4	2Y6/4	2Y6/4
32	3Y8/2	3Y8/2	3Y8/1	3Y8/2	3Y8/3
33	3RY12/3	3RY12/3	3RY12/3	3RY12/3	3RY12/3
34	4RY12/10	4RY12/11	4RY12/10	4RY12/10	4RY11/10
35	4RY12/11	5RY12/11	4RY12/11	4RY12/11	5RY11/11
36	5RY12/11	6RY11/11	5RY12/11	5RY12/11	5RY11/12
37	6RY11/11	6RY12/12	6RY11/12	6RY11/11	6RY11/12

Tabel 8. Perubahan warna buah tomat selama pertumbuhan (klaster 8)

Hari ke	warna				
	A	B	C	D	E
1	1YG5/2	1YG5/3	1YG5/2	1YG5/2	1YG5/2
4	1YG5/3	1YG5/3	1YG5/3	1YG5/3	1YG5/3
7	1YG5/3	1YG5/3	1YG5/3	1YG5/3	1YG5/3
10	1YG5/4	1YG4/4	1YG5/3	1YG5/3	1YG5/3
13	1YG4/4	1YG4/4	1YG4/4	1YG4/4	1YG4/4
16	1YG4/4	1YG3/4	1YG3/4	1YG3/4	1YG4/4
19	1YG3/4	1YG4/5	1YG4/5	1YG3/4	1YG3/4
22	1YG3/5	1YG4/5	1YG3/5	1YG3/5	1YG3/5
25	1YG3/6	1YG3/5	1YG3/6	1YG3/6	1YG3/6
28	1YG2/5	1YG2/5	1YG2/7	1YG2/7	1YG2/5
29	2YG2/4	2YG2/7	2YG2/7	2YG2/5	2YG2/3
30	3YG1/9	3YG1/7	3YG1/9	3YG1/9	3YG1/10
31	2Y6/4	1Y7/3	1Y6/4	2Y6/4	2Y6/5
32	2Y8/3	3Y8/3	3Y8/1	3Y8/2	3Y8/2
33	3RY12/3	3RY12/3	3RY12/3	4RY12/2	3RY12/3
34	4RY12/8	4RY12/11	4RY12/10	4RY12/10	4RY12/10
35	4RY12/11	5RY12/11	4RY12/11	4RY12/11	4RY12/11
36	5RY12/11	6RY11/11	5RY12/11	5RY12/11	5RY12/11
37	6RY11/12	6RY12/12	6RY11/12	6RY11/11	6RY11/11

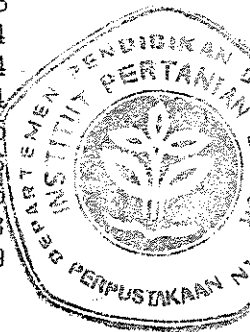
Tabel 9. Perubahan warna buah tomat selama pertumbuhan (klaster 13)

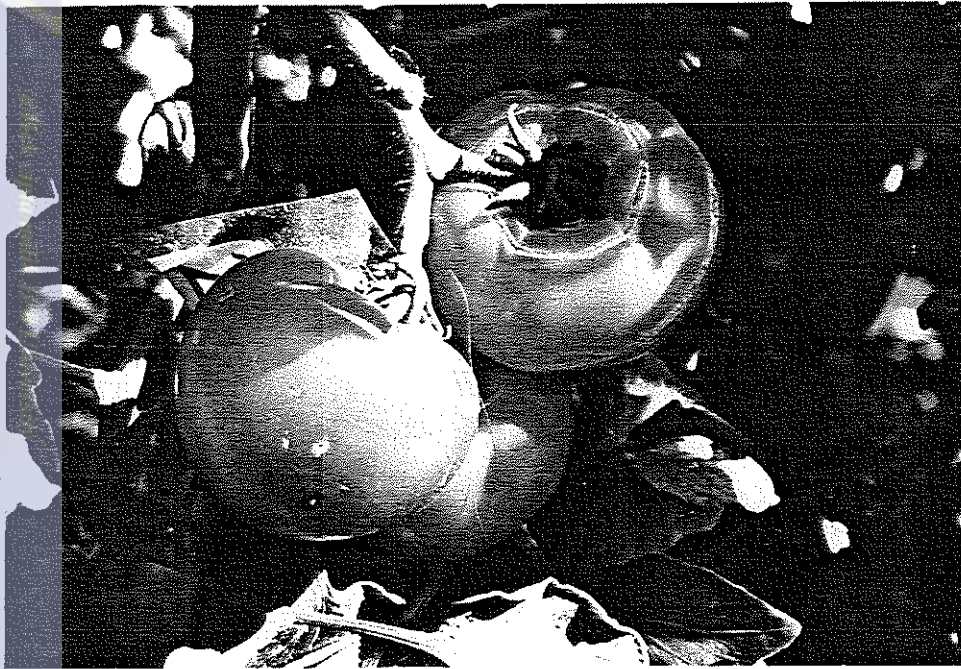
Hari ke	warna				
	A	B	C	D	E
1	1YG5/2	1YG5/3	1YG5/2	1YG5/2	1YG5/3
4	1YG5/3	1YG5/3	1YG5/3	1YG5/3	1YG5/3
7	1YG5/3	1YG5/3	1YG5/3	1YG5/3	1YG5/4
10	1YG5/4	1YG4/4	1YG5/4	1YG5/3	1YG4/4
13	1YG4/4	1YG4/4	1YG5/4	1YG5/4	1YG4/4
16	1YG4/4	1YG3/4	1YG4/4	1YG4/4	1YG3/4
19	1YG3/4	1YG4/5	1YG3/4	1YG3/4	1YG4/5
22	1YG3/5	1YG4/5	1YG4/5	1YG4/5	1YG4/5
25	1YG3/6	1YG3/6	1YG3/6	1YG3/6	1YG3/6
28	1YG2/5	1YG2/7	1YG2/5	1YG2/5	1YG2/6
29	2YG2/3	2YG2/4	2YG2/4	2YG2/4	2YG2/5
30	3YG1/9	3YG1/9	3YG1/9	3YG1/10	3YG1/10
31	2Y6/4	2Y6/4	2Y6/4	2Y6/4	2Y6/4
32	3Y8/2	3Y8/3	3Y8/3	3Y8/2	3Y8/3
33	3RY12/3	3RY12/3	3RY12/2	3RY12/3	3RY12/3
34	4RY12/10	4RY11/10	4RY12/9	4RY12/10	4RY11/10
35	4RY12/11	5RY11/11	4RY12/11	4RY12/11	5RY11/11
36	5RY12/11	5RY11/12	5RY12/11	5RY12/11	5RY12/12
37	6RY11/12	6RY11/11	6RY11/12	6RY11/11	6RY12/12

Tabel 10. Perubahan warna buah tomat apel selama pertumbuhan

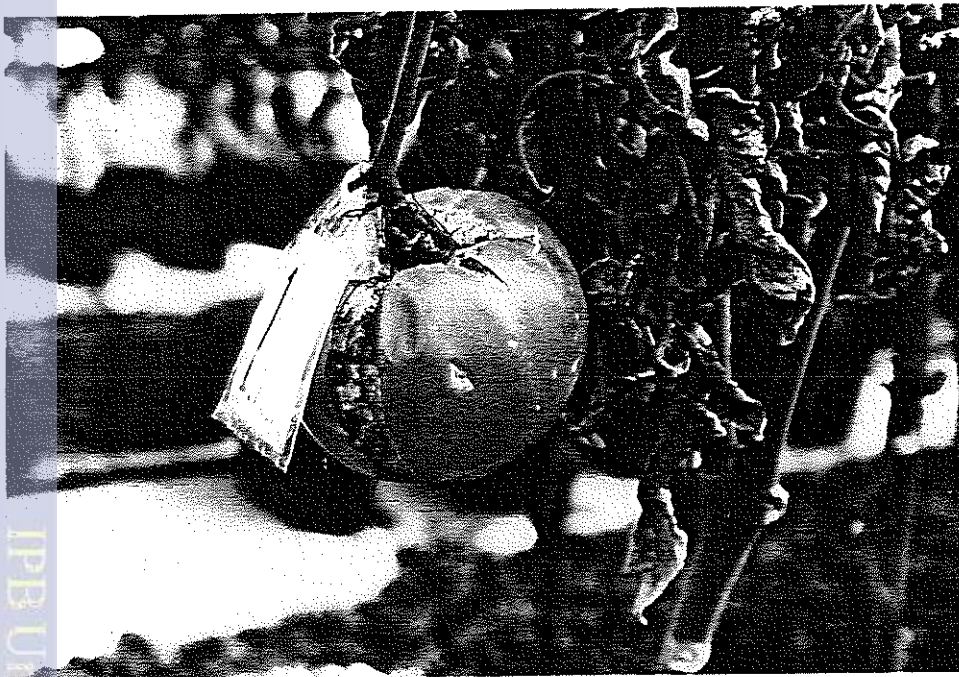
Hari ke	Tingkat kematangan ^{a)}	Warna
1		1YG5/2
4		1YG5/3
7		1YG5/3
10		1YG5/3
13		1YG4/4
16		1YG4/4
19		1YG3/4
22	awal masak hijau	1YG3/3
25	pertengahan masak hijau	1YG3/6
28	masak hijau	1YG2/5
29	semburat	2YG2/3
30	seperempat masak	3YG1/9
31	setengah masak	2Y6/4
32	jingga muda	3Y8/2
33	jingga tua	3RY12/3
34	jingga merah	4RY12/10
35	merah	4RY12/11
36	merah tua	5RY12/11
37		6RY11/11

Keterangan: ^{a)} skala tingkat kematangan tomat dari Ryall dan Lipton (1972); Geeson et al. (1985)

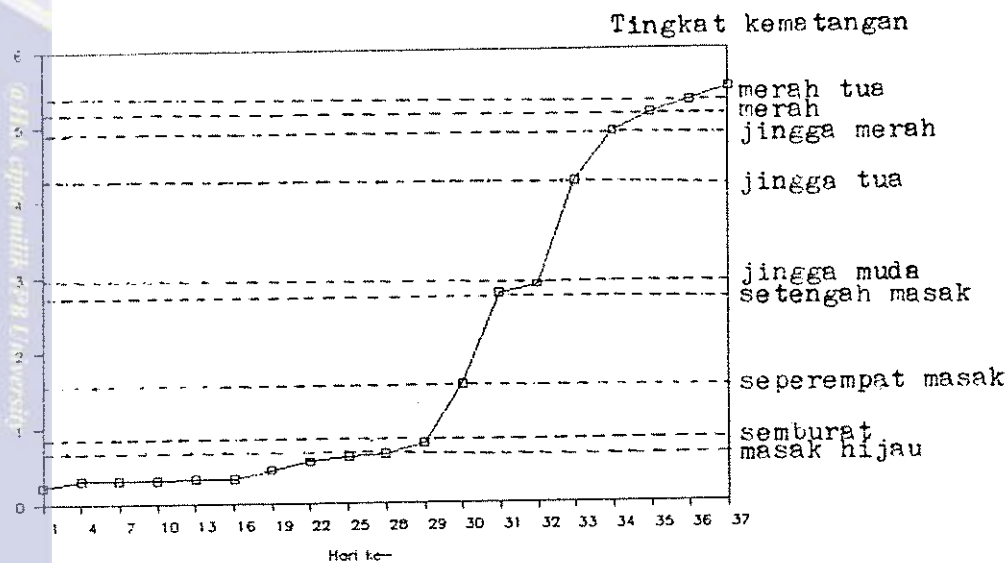




Gambar 14. Tomat yang retak (cracking)



Gambar 15. Tomat yang pecah



Gambar 16. Grafik perubahan warna tomat selama pertumbuhan

maka akan mengakibatkan serangan penyakit daun yang tinggi (Went, 1957).

Pecah buah pada tomat dapat berbentuk radial atau konsentrik. Thompson dan Kelly (1979) melaporkan bahwa pecah buah radial banyak dijumpai pada buah matang penuh dan lebih banyak menurunkan hasil dibandingkan pecah buah konsentrik yang sering terjadi pada buah matang hijau. Besarnya transpirasi yang banyak terjadi pada tanaman tomat di musim kemarau merupakan penyebab utama terjadinya pecah buah (Edmond, 1975). Pecah buah dapat juga disebabkan kekurangan Kalsium (Uexkull, 1979). Dari hasil pengamatan yang dilakukan, umumnya pecah buah tomat yang terjadi berbentuk radial. Dan hampir tidak ditemui pecah buah berbentuk konsentrik.

Berdasarkan penilaian warna tomat (Lampiran 2), maka grafik perubahan warna tomat selama pertumbuhan (data Tabel 10) dapat dilihat pada Gambar 16.

Dari Tabel 10 dan Gambar 16, terlihat hubungan umur petik dengan tingkat kematangan tomat. Sejalan dengan meningkatnya umur petik, tingkat kematangan tomat meningkat pula, yaitu pada umur petik hari ke-22, ke-25, ke-28, ke-29, ke-30, ke-31, ke-32, ke-33, ke-34, ke-35 dan ke-36, tingkat kematangan tomat meningkat berturut-turut, yaitu awal masak hijau, pertengahan masak hijau, masak hijau, semburat, seperempat masak, setengah masak, jingga muda, jingga tua, jingga merah, merah dan merah tua. Dan perubahan warna yang terjadi juga relatif seragam, yaitu dari 1YG3/5, 1YG3/6, 1YG2/5, 2YG2/3, 3YG1/9, 2Y6/4, 3Y8/2, 3RY12/3, 4RY12/10, 4RY12/11 sampai 5RY12/11.

Namun umumnya tomat di lahan perkebunan ini dipetik pada hari ke-28, hari ke-29 atau paling lama pada hari ke-30, karena setelah umur petik hari ke-30, tomat mengalami keretakan (cracking).

Dari Gambar 10, 11 dan 12 terlihat bahwa laju perubahan diameter buah tomat relatif tetap, dimulai dari hari ke-22 (Hari pertama dihitung pada saat ovary membengkak sekitar 10 mm). Hari ke-22, pada saat periode awal masak hijau ini dijadikan taraf perlakuan pertama untuk penyimpanan dalam sistem *modified atmosphere*. Untuk taraf perlakuan berikutnya diambil selang 3 hari, yaitu hari ke-25 dan hari ke-28.

B. PENENTUAN UMUR PETIK OPTIMAL TOMAT UNTUK PENYIMPANAN MODIFIED ATMOSPHERE

Tomat dengan tiga taraf umur petik tersebut, yaitu taraf umur petik A (pemetikan hari ke-22), taraf umur petik B (pemetikan hari ke-25) dan taraf umur petik C (pemetikan hari ke-28) dikemas dengan plastik *stretch film*, lalu disimpan dalam cold storage pada suhu 15°C. Untuk kontrol, juga dibandingkan dengan tomat yang tidak dikemas yang disimpan dalam cold storage pada suhu 15°C. Juga diamati tomat yang dikemas dan tidak dikemas yang disimpan pada suhu ruang.

1. Penyimpanan tomat tanpa dikemas pada suhu 15°C

Perubahan warna tomat yang tidak dikemas selama penyimpanan dalam cold storage pada suhu 15°C dapat dilihat pada Tabel 11. Perubahan warna tomat pada umur petik hari ke-28 lebih cepat dibandingkan perubahan warna tomat pada umur petik hari ke-25 dan umur petik hari ke-22.

Perubahan warna tomat pada umur petik hari ke-28 selama penyimpanan dari 1YG2/5 sampai 6RY11/11 terjadi dalam waktu 36 hari, sedang untuk tomat pada umur petik hari ke-25 terjadi dalam waktu 38 hari dan pada umur petik hari ke-22 terjadi dalam waktu 40 hari.

Namun saat penyimpanan hari ke-28 tomat pada umur petik hari ke-28 sebagian besar tomat sudah menampakkan adanya mikroorganisma berbentuk bintik-

Tabel 11. Perubahan warna buah tomat yang tidak dikemas selama penyimpanan pada suhu 15°C

Hari ke	warna		
	A	B	C
0	1YG3/4	1YG3/6	1YG2/5
4	1YG3/6	2YG2/3	3YG1/9
8	1YG2/5	3YG1/9	2Y6/4
12	2YG2/3	2Y6/4	3Y8/2
16	2Y6/4	3RY12/3	3RY12/10
20	3Y8/2	4RY12/3	4RY11/10
24	3RY12/3	4RY12/8	4RY12/10
28	3RY12/10	4RY12/10	4RY12/11
32	4RY12/11	5RY11/11	5RY11/11
36	5RY11/11	6RY11/10	6RY11/11
40	6RY11/11	6RY11/12	6RY12/12

Keterangan: A=tomat umur petik hari ke-22
 B=tomat umur petik hari ke-25
 C=tomat umur petik hari ke-28

bintik putih seperti kapas dan tekstur tomatnya rusak. Sedang untuk tomat umur petik hari ke-25 dan tomat umur petik hari ke-22 pada penyimpanan hari ke-30 dan ke-32.

2. Penyimpanan tomat tanpa dikemas pada suhu ruang

Perubahan warna tomat yang tidak dikemas selama penyimpanan pada suhu ruang dapat dilihat pada Tabel 12. Perubahan warna tomat selama penyimpanan pada suhu ruang lebih cepat dibandingkan penyimpanan pada suhu 15°C. Perubahan warna tomat pada umur petik hari ke-28 lebih cepat dibandingkan perubahan warna tomat pada umur petik hari ke-25 dan umur petik hari ke-22.

Tabel 12. Perubahan warna buah tomat yang tidak dikemas selama penyimpanan pada suhu ruang

Hari ke	warna		
	A	B	C
0	1YG3/4	1YG3/6	1YG2/5
4	1YG3/6	1YG2/5	3YG1/9
8	1YG2/5	2Y6/4	3RY12/3
12	3YG1/9	3RY12/3	3RY11/11
16	3Y8/2	3RY12/9	4RY11/11
20	3RY11/10	3RY12/11	4RY12/10
24	3RY12/11	4RY12/10	4RY12/11
28	4RY12/10	4RY12/11	5RY11/11
32	4RY12/11	5RY11/11	6RY11/11
36	5RY11/11	6RY11/11	6RY12/12

Keterangan: A=tomat umur petik hari ke-22
 B=tomat umur petik hari ke-25
 C=tomat umur petik hari ke-28

Perubahan warna tomat pada umur petik hari ke-28 selama penyimpanan dari 1YG2/5 sampai 6RY11/11 terjadi dalam waktu 32 hari, sedang untuk tomat pada umur petik hari ke-25 dan A keduanya terjadi dalam waktu 36 hari.

Namun saat penyimpanan hari ke-24 tomat pada umur petik hari ke-28 sebagian besar tomat sudah menampakkan adanya mikroorganisma berbentuk bintik-bintik putih seperti kapas dan tekstur tomatnya rusak. Sedang untuk tomat umur petik hari ke-25 dan tomat umur petik hari ke-22 terjadi pada penyimpanan hari ke-26.

3. Penyimpanan tomat dalam kemasan pada suhu ruang

Perubahan warna tomat dalam kemasan selama penyimpanan pada suhu ruang dapat dilihat pada Tabel 13. Perubahan warna tomat dalam kemasan selama penyimpanan pada suhu ruang lebih cepat dibandingkan tomat yang tidak dikemas baik penyimpanan pada suhu ruang maupun pada suhu 15°C. Perubahan warna tomat pada umur petik hari ke-28 lebih cepat dibandingkan perubahan warna tomat pada umur petik hari ke-25 dan umur petik hari ke-22.

Perubahan warna tomat pada umur petik hari ke-28 selama penyimpanan dari 1YG2/5 sampai 6RY11/11 terjadi dalam waktu 28 hari, sedang untuk tomat pada umur petik hari ke-25 dan tomat umur petik hari ke-22, keduanya terjadi dalam waktu 32 hari.

Tabel 13. Perubahan warna buah tomat selama penyimpanan dalam kemasan pada suhu ruang

Hari ke	warna		
	A	B	C
0	1YG3/4	1YG3/6	1YG2/5
4	1YG2/5	2YG2/3	2YG2/3
8	2YG2/3	3YG1/9	3Y8/2
12	2Y6/4	3Y8/2	3RY12/3
16	3RY12/10	3RY11/10	4RY12/10
20	3RY12/11	3RY12/10	4RY12/11
24	4RY12/10	4RY12/11	5RY11/11
28	5RY11/11	5RY11/11	6RY11/11
32	6RY11/11	6RY11/11	6RY12/12
36	6RY12/12	6RY12/12	7RY12/11

Keterangan: A=tomat umur petik hari ke-22
 B=tomat umur petik hari ke-25
 C=tomat umur petik hari ke-28

Namun saat penyimpanan hari ke-24 tomat pada umur petik hari ke-22, ke-25 dan ke-28 sebagian besar tomat sudah menampakkan adanya mikroorganisma berbentuk bintik-bintik putih seperti kapas dan tekstur tomatnya rusak.

4. Penyimpanan tomat dalam kemasan *modified atmosphere*

Perubahan warna tomat selama penyimpanan dalam sistem penyimpanan *modified atmosphere* pada suhu 15°C dapat dilihat pada Tabel 14. Perubahan warna tomat pada umur petik hari ke-28 lebih cepat dibandingkan perubahan warna tomat pada umur petik hari ke-25 dan umur petik hari ke-22 (Gambar 17).

Perubahan warna tomat pada umur petik hari ke-28 selama penyimpanan dari 1YG2/5 sampai 6RY11/11 terjadi dalam waktu 40 hari, sedang untuk tomat pada umur petik hari ke-25 terjadi dalam waktu 48 hari dan pada umur petik hari ke-22 terjadi dalam waktu 60 hari.

Setelah penyimpanan hari ke-32 sebagian kecil tomat dalam kemasan menampakkan adanya mikroorganisma berbentuk bintik-bintik putih seperti kapas dan tekstur tomatnya rusak. Sedang untuk tomat umur petik hari ke-25 dan tomat umur petik hari ke-22 terjadi pada penyimpanan hari ke-40 dan ke-62.

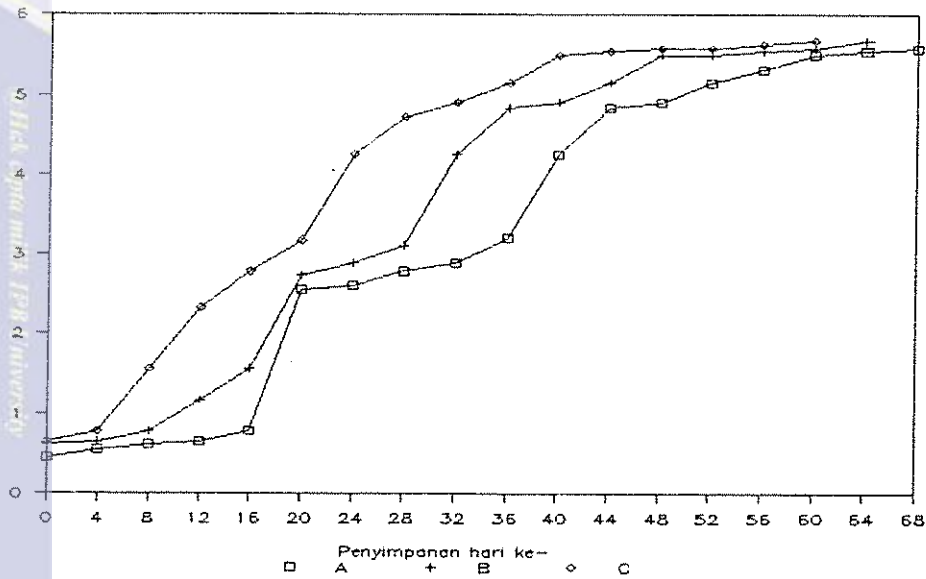
Tabel 14. Perubahan warna buah tomat dalam kemasan *modified atmosphere*

Hari ke	warna		
	A	B	C
0	1YG3/4	1YG3/6	1YG2/5
4	1YG3/5	1YG2/5	2YG2/3
8	1YG3/6	2YG2/3	3YG1/9
12	1YG2/5	2YG2/7	1Y4/6
16	2YG2/3	3YG1/9	2Y6/4
20	3YG1/9	2Y5/2	3Y11/4
24	1Y5/2	3Y8/2	3RY12/3
28	2Y6/4	3Y10/4	4RY10/10
32	3Y8/2	3RY12/3	4RY12/10
36	3Y11/4	3RY12/10	4RY12/11
40	3RY12/3	4RY12/10	6RY11/11
44	3RY12/10	4RY12/11	6RY11/12
48	4RY12/10	6RY11/11	6RY12/12
52	4RY12/11	6RY11/11	6RY12/12
56	5RY11/11	6RY11/12	7RY11/12
60	6RY11/11	6RY12/12	7RY12/12
64	6RY11/12	7RY12/12	
68	6RY12/12		

Keterangan: A=tomat umur petik hari ke-22
 B=tomat umur petik hari ke-25
 C=tomat umur petik hari ke-28

Kerusakan tersebut dapat terjadi karena tomat telah mengalami kerusakan mekanis selama penanganan sebelum dilakukan penyimpanan. Hasil penelitian Isenberg (1979) menunjukkan bahwa organisme yang teridentifikasi sebagai penyebab kebusukan tomat pada penyimpanan udara terkendali adalah *Fusarium sp.* (Gambar 18).

Pengembunan uap air yang berlebihan pada kemasan akan mempercepat kerusakan akibat mikroorganisma. Pengembunan uap air pada permukaan kemasan terjadi



Keterangan: A=tomat umur petik hari ke-22
 B=tomat umur petik hari ke-25
 C=tomat umur petik hari ke-28

Gambar 17. Grafik perubahan warna tomat dalam sistem penyimpanan *modified atmosphere*



Gambar 18. Tomat yang terkena organisme pembusuk

karena adanya air yang dihasilkan oleh proses respirasi. Laju transmisi uap air *stretch film* adalah $2.50 \text{ g/m}^2 \cdot \text{jam}$ dengan ketebalan 16 mikron.

Pengembunan uap air yang berlebihan pada kemasan akan mempercepat kerusakan akibat mikroorganisma. Pengembunan uap air pada permukaan kemasan terjadi karena adanya air yang dihasilkan oleh proses respirasi. Laju transmisi uap air *stretch film* adalah $2.50 \text{ g/m}^2 \cdot \text{jam}$ dengan ketebalan 16 mikron.

Dari hasil pengamatan visual terhadap tomat pada umur petik hari ke-22, ke-25 dan ke-28 tidak menunjukkan adanya pengembunan pada kemasan selama penyimpanan. Hal yang sama juga dilaporkan oleh Rusmono et al. (1990).

Hasil uji panel terhadap tomat dalam kemasan *modified atmosphere*, dimulai saat tomat berwarna merah dapat dilihat pada Tabel 15.

Berdasarkan analisis beda nyata terkecil (Lampiran 4) dari hasil uji panel, tekstur tomat umur petik hari ke-22 berbeda nyata dengan tomat umur petik hari ke-25 dan ke-28. Namun tekstur tomat umur petik hari ke-25 tidak berbeda nyata dengan tomat umur petik hari ke-28. Sedang untuk warna, aroma dan rasa tomat pada umur petik hari ke-22, hari ke-25 dan hari ke-28, masing-masing berbeda nyata satu sama lain.

Tabel 16. Konsentrasi kesetimbangan rata-rata gas O_2 dan CO_2 adalah 7.61 persen O_2 dan 4.68 persen CO_2 . Hasil yang relatif sama dilaporkan pula oleh Rusmono et al. (1990) yaitu 7.60 persen O_2 dan 4.70 persen CO_2 .

Hasil pengamatan ini menunjukkan bahwa konsentrasi kesetimbangan gas O_2 dan CO_2 dalam kemasan mangkok tidak mencapai konsentrasi optimum untuk penyimpanan tomat segar, yaitu 3-6 persen O_2 dan 7-9 persen CO_2 (Rusmono et al., 1990). Namun konsentrasi kesetimbangan tersebut sudah cukup baik untuk memperpanjang masa simpan, sesuai dengan hasil penelitian Kidd dan West dalam Isenberg (1979), Parson, et al. dalam Salunkhe dan Desai (1979), Sinaga (1986), Setiawan, et al.(1986) dan Rusmono et al. (1990).

Dalam pendugaan konsentrasi gas O_2 dan CO_2 dilakukan pengukuran terhadap berat tomat (W), volume bebas (V) dan luas permukaan (S). Parameter kemasan yang digunakan untuk menduga konsentrasi gas O_2 dan CO_2 dapat dilihat pada Tabel 17.

Berdasarkan data parameter pada Tabel 17, pendugaan konsentrasi kesetimbangan gas O_2 dan CO_2 dihitung dengan model matematik yang dikembangkan oleh Deily dan Rizvi (1981). Program komputer untuk menduga konsentrasi tersebut disajikan pada Lampiran 5.

Tabel 16. Hasil pengamatan konsentrasi O_2 dan CO_2 tomat dalam kemasan *modified atmosphere*

Waktu pengamatan (jam)	A		B		C		Rata-rata ABC	
	O_2	CO_2	O_2	CO_2	O_2	CO_2	O_2	CO_2
0	1.00	0.03	21.00	0.03	21.00	0.03	21.00	0.03
4	18.55	2.23	18.65	2.26	18.54	2.41	18.58	2.30
8	16.59	3.36	16.61	3.22	16.49	3.52	16.56	3.37
20	12.48	4.42	12.58	4.31	12.43	4.62	12.50	4.45
44	9.04	4.56	9.17	4.52	8.95	4.69	9.05	4.59
68	7.96	4.67	8.30	4.63	7.94	4.69	8.07	4.66
80	7.66	4.68	7.83	4.63	7.62	4.73	7.70	4.68
104	7.62	4.68	7.65	4.63	7.56	4.73	7.61	4.68
128	7.62	4.68	7.65	4.63	7.56	4.73	7.61	4.68
152	7.62	4.68	7.65	4.63	7.56	4.73	7.61	4.68
176	7.62	4.68	7.65	4.63	7.56	4.73	7.61	4.68

Keterangan: A=tomat umur petik hari ke-22
 B=tomat umur petik hari ke-25
 C=tomat umur petik hari ke-28

Tabel 17. Parameter kemasan untuk pendugaan konsentrasi kesetimbangan gas O_2 dan CO_2

Parameter kemasan	A	B	C
W (kg)	0.508	0.517	0.514
R_y (cc/jam/kg)	5.209	5.209	5.209
R_z (cc/jam/kg)	5.413	5.413	5.413
S (m^2)	0.0347	0.0354	0.0352
V (cc)	392	399	397
K_y (cc/ m^2 .jam)	554.17	554.17	554.17
K_z (cc/ m^2 .jam)	1791.67	1791.67	1791.67

Keterangan: A=tomat umur petik hari ke-22
 B=tomat umur petik hari ke-25
 C=tomat umur petik hari ke-28

Hasil pendugaan konsentrasi kesetimbangan gas O_2 dan CO_2 pada suhu $15^\circ C$ adalah 7.26 persen O_2 dan 4.44 persen CO_2 (Tabel 18). Grafik perbandingan hasil

pendugaan dan pengamatan konsentrasi gas O_2 dan CO_2 dapat dilihat pada Gambar 19.

Tabel 18. Hasil pendugaan konsentrasi O_2 dan CO_2

Waktu pendu- gaan (jam)	Konsentrasi dalam kemasan (persen)							
	A		B		C		Rata2 ABC	
	O_2	CO_2	O_2	CO_2	O_2	CO_2	O_2	CO_2
0	21.00	0.03	21.00	0.03	21.00	0.03	21.00	0.03
4	18.55	2.11	18.55	2.11	18.55	2.10	18.55	2.11
8	16.53	3.21	16.54	3.20	16.54	3.20	16.54	3.20
20	12.40	4.27	12.41	4.26	12.41	4.26	12.41	4.26
44	8.83	4.45	8.85	4.44	8.85	4.44	8.84	4.44
68	7.73	4.45	7.76	4.44	7.76	4.44	7.75	4.44
80	7.51	4.45	7.54	4.44	7.54	4.44	7.53	4.44
104	7.32	4.45	7.35	4.44	7.36	4.44	7.34	4.44
128	7.26	4.45	7.30	4.44	7.30	4.44	7.29	4.44
152	7.25	4.45	7.28	4.44	7.28	4.44	7.27	4.44
176	7.24	4.45	7.27	4.44	7.28	4.44	7.26	4.44
200	7.24	4.45	7.27	4.44	7.28	4.44	7.26	4.44
224	7.24	4.45	7.27	4.44	7.27	4.44	7.26	4.44

Keterangan: A=tomat umur petik hari ke-22
 B=tomat umur petik hari ke-25
 C=tomat umur petik hari ke-28

Berdasarkan hasil uji statistik terhadap konsentrasi gas O_2 dan CO_2 hasil pengamatan dan pendugaan tidak berbeda nyata (Lampiran 6). Ini berarti model matematik dengan persamaan diferensial ordo pertama untuk menduga konsentrasi O_2 dan CO_2 dapat digunakan.

6. Susut bobot tomat selama penyimpanan dalam kemasan *modified atmosphere*

Selama penyimpanan, berat tomat mengalami perubahan. Dari Gambar 20 terlihat berat tomat selama penyimpanan mengalami penurunan. Untuk tomat pada

umur petik hari ke-28 pada hari pertama penyimpanan mempunyai berat 508.4 gram dan pada penyimpanan hari ke-40, berat tomat adalah 471.2 gram. Susut bobot yang terjadi sebesar 7.32 persen.

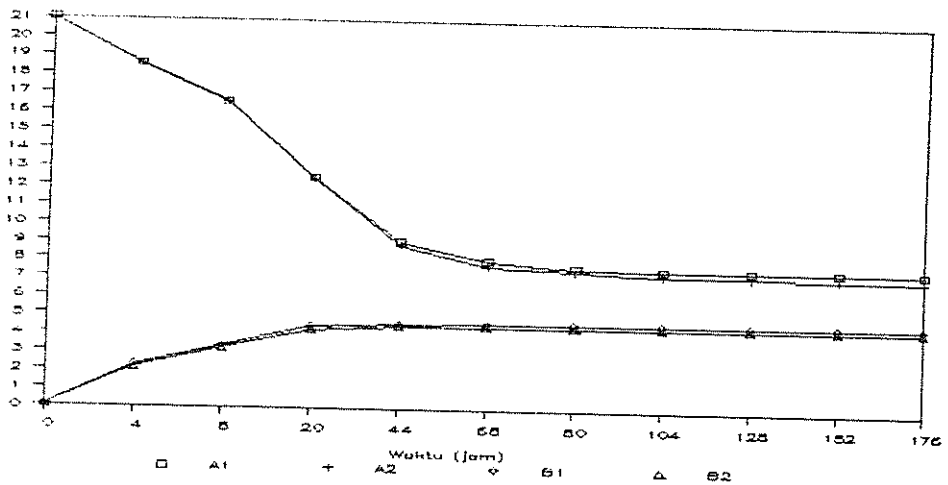
Untuk tomat pada umur petik hari ke-25 pada hari pertama penyimpanan mempunyai berat 512.2 gram dan pada penyimpanan hari ke-48, berat tomat adalah 473.1 gram. Susut bobot yang terjadi sebesar 7.63 persen.

Dan untuk tomat pada umur petik hari ke-22 pada hari pertama penyimpanan mempunyai berat 502.6 gram dan pada penyimpanan hari ke-60, berat tomat adalah 461.7 gram. Susut bobot yang terjadi sebesar 8.13 persen (Tabel 19).

Tabel 19. Perubahan berat tomat dalam kemasan *modified atmosphere*

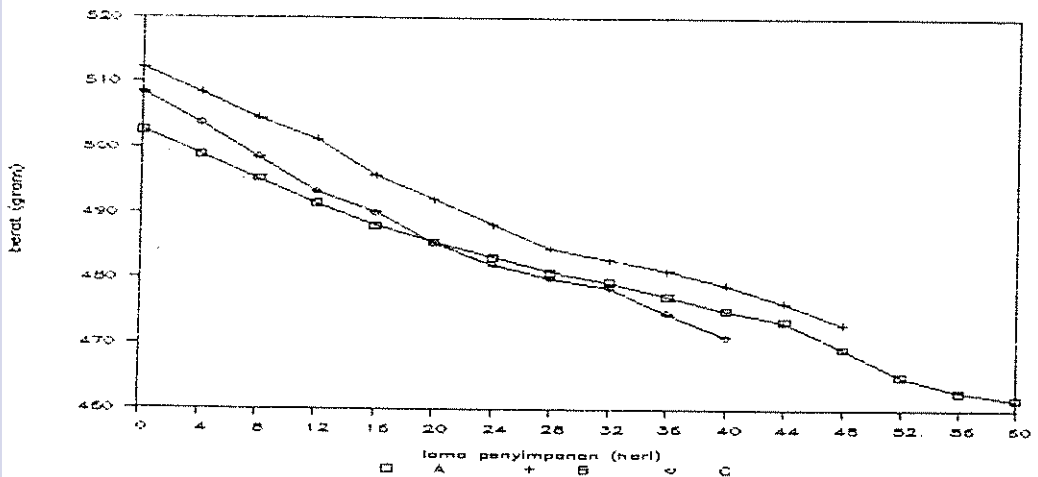
Hari ke	Tomat		
	A (gram)	B (gram)	C (gram)
0	502.6	512.2	508.4
4	498.9	508.5	503.8
8	495.3	504.6	498.6
12	491.4	501.3	493.3
16	488.0	495.8	490.1
20	485.6	492.2	485.4
24	483.3	488.2	482.2
28	481.1	484.6	480.1
32	479.5	482.9	478.7
36	477.4	481.3	474.8
40	475.2	479.1	471.2
44	473.6	476.5	
48	469.4	473.1	
52	465.2		
56	462.8		
60	461.7		

Keterangan: A=tomat umur petik hari ke-22
 B=tomat umur petik hari ke-25
 C=tomat umur petik hari ke-28



Keterangan: A1=konsentrasi gas O_2 hasil pengamatan
 A2=konsentrasi gas O_2 hasil pendugaan
 B1=konsentrasi gas CO_2 hasil pengamatan
 B2=konsentrasi gas CO_2 hasil pendugaan

Gambar 19. Grafik perbandingan konsentrasi gas O_2 dan CO_2 hasil pengamatan dan pendugaan



Keterangan: A=tomat umur petik hari ke-22
 B=tomat umur petik hari ke-25
 C=tomat umur petik hari ke-28

Gambar 20. Grafik susut bobot tomat selama penyimpanan

Kelembaban udara dalam ruang penyimpanan dapat berhubungan langsung dengan daya tahan kualitas produk yang bersangkutan. Bila udara kering, uap air akan diserap dari makanan yang sedang disimpan sehingga menyebabkan pelayuan buah. Bila udara terlalu lembab, buah akan menjadi rusak. Pada umumnya buah-buahan disimpan pada kelembaban relatif antara 85-90 persen (Desrosier, 1988).

C. PENERAPAN MODEL PENDUGAAN MASA SIMPAN

1. Model pendugaan masa simpan

Penentuan batas masa simpan tomat dilakukan dengan uji organoleptik terhadap tomat yang telah mencapai warna merah tua dengan 5 taraf nilai kekerasan yang berbeda, yaitu 211.6831 kPa (A) (warna 5RY11/11), 188.3524 kPa (B) (warna 6RY11/11), 172.5768 kPa (C) (warna 6RY12/12), 150.4829 kPa (D) (warna 7RY11/11) dan 120.8146 kPa (E) (warna 7RY12/11). Hasil pengamatan tingkat kesukaan konsumen terhadap contoh tomat yang diuji dapat dilihat pada Tabel 20.

Data hasil pengamatan tingkat kesukaan konsumen tersebut, selanjutnya dianalisis dengan menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 kali ulangan (5x2). Dari hasil analisis sidik ragam tingkat kesukaan konsumen terhadap tekstur, warna, aroma

Tabel 20. Hasil pengamatan tingkat kesukaan konsumen terhadap tomat dengan uji organoleptik

Tomat	Tekstur Ulangan		Warna Ulangan		Aroma Ulangan		Rasa Ulangan	
	I	II	I	II	I	II	I	II
A	4.5	5.2	6.4	5.4	4.3	4.3	4.9	4.7
B	4.7	5.7	6.2	5.1	4.2	4.4	5.0	5.8
C	4.4	3.8	4.7	4.7	3.8	4.1	4.1	4.4
D	4.0	4.4	4.2	5.3	4.1	3.9	4.1	4.6
E	3.2	3.9	3.4	4.2	3.9	3.7	3.2	4.1

dan rasa tomat (Lampiran 7a, 7b, 7c dan 7d) diketahui bahwa perlakuan nilai kekerasan yang diuji tidak berpengaruh nyata terhadap tingkat kesukaan konsumen. Namun berdasarkan hasil uji panel (Tabel 20), tomat B (warna 6RY11/11) dengan nilai kekerasan 188.3524 kPa mempunyai tingkat kesukaan paling tinggi untuk tekstur, aroma dan rasa, maka batas masa simpan yang digunakan adalah tomat merah tua dengan nilai kekerasan 188.3524 kPa.

Grafik hasil pengamatan kekerasan tomat dalam sistem penyimpanan *modified atmosphere* untuk tiga taraf umur petik dapat dilihat pada Gambar 21, sedangkan datanya dapat dilihat pada Tabel 21.

Dari Gambar 21 terlihat laju penurunan kekerasan tomat pertama relatif besar dan semakin lama semakin kecil. Untuk itu laju penurunan kekerasan diasumsikan mengikuti model persamaan diferensial ordo pertama, maka persamaan (9) dan persamaan (11) dapat

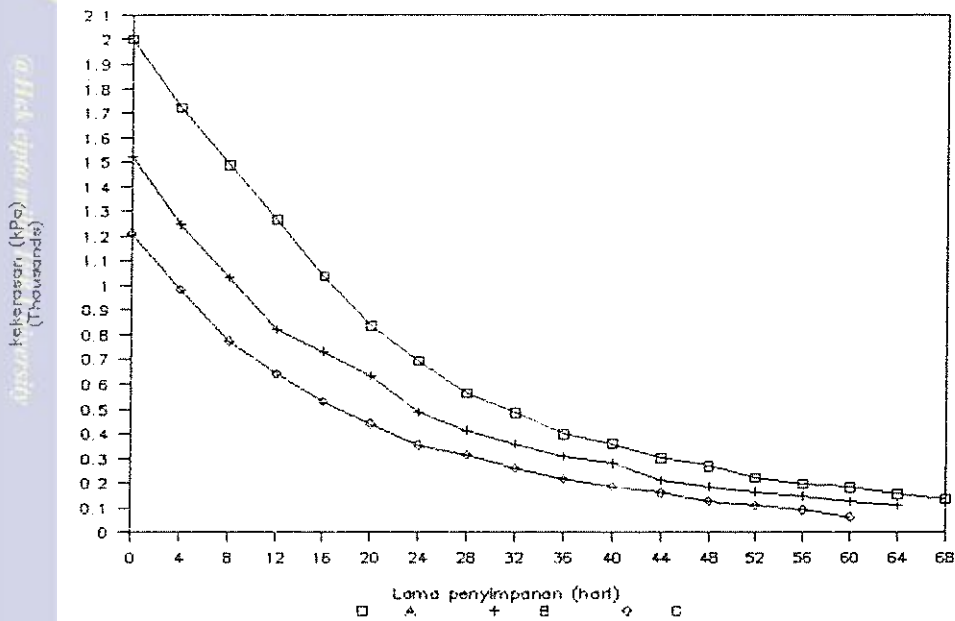
digunakan. Pada penelitian ini nilai konstanta laju penurunan kekerasan merupakan fungsi umur petik.

Tabel 21. Data hasil pengukuran kekerasan tomat dalam kemasan *modified atmosphere*

Lama penyimpanan (hari)	A (kPa)	B (kPa)	C (kPa)
0	2002.7956	1522.0759	1211.589
4	1721.9897	1246.1554	982.8286
8	1488.7946	1032.2454	774.8134
12	1265.5653	821.8105	642.1177
16	1037.3425	731.9567	529.8501
20	836.5702	633.8695	441.293
24	692.7783	488.9604	355.0979
28	563.8307	414.6404	314.0563
32	484.3867	358.4139	261.7912
36	398.3706	310.0869	218.6694
40	359.9057	280.6987	186.6393
44	301.7926	212.4229	161.6108
48	270.4318	186.4207	128.4312
52	223.1805	165.2154	110.6421
56	196.6218	148.7494	91.4546
60	182.9699	125.4435	62.5473
64	157.1936	109.354	
68	135.2326		

Keterangan: A=tomat umur petik hari ke-22
 B=tomat umur petik hari ke-25
 C=tomat umur petik hari ke-28

Berdasarkan data pada Tabel 21, dengan mentransformasikan data tersebut dengan persamaan (9) dan meregresikannya, maka besarnya konstanta laju penurunan kekerasan seperti pada Tabel 22. Hubungan umur petik dengan kekerasan tomat dapat dilihat pada Tabel 23.



Keterangan: A=tomat umur petik hari ke-22
 B=tomat umur petik hari ke-25
 C=tomat umur petik hari ke-28

Gambar 21. Grafik hubungan kekerasan dan lama penyimpanan tomat untuk tiga taraf umur petik dalam kemasan *modified atmosphere*

Tabel 22. Konstanta laju penurunan kekerasan tomat untuk tiga taraf umur petik

Umur petik hari ke (U)	Konstanta penurunan (k)	l a j u kekerasan
22	0.0414	
25	0.0425	
28	0.0474	

Tabel 23. Hubungan kekerasan dengan umur petik tomat

Umur petik hari ke (U)	Kekerasan t o m a t (kPa)
22	2002.7956
25	1522.0759
28	1211.5890

Berdasarkan data pada Tabel 22, maka diperoleh nilai kontanta laju penurunan kekerasan sebagai fungsi dari umur petik, yaitu:

$$k = 0.0188 + 0.001U \quad (17)$$

dimana U adalah umur petik tomat.

Dan besarnya koefisien determinasi konstanta laju penurunan kekerasan adalah 88.2064 persen terhadap umur petik.

Sedang nilai kekerasan tomat sebagai fungsi dari umur petik (Tabel 23) adalah

$$D_0 = 4875.5143 + 131.8677U \quad (18)$$

dimana U adalah umur petik tomat. Koefisien determinasi kekerasan awal sebesar 98.4804 persen terhadap umur petik.

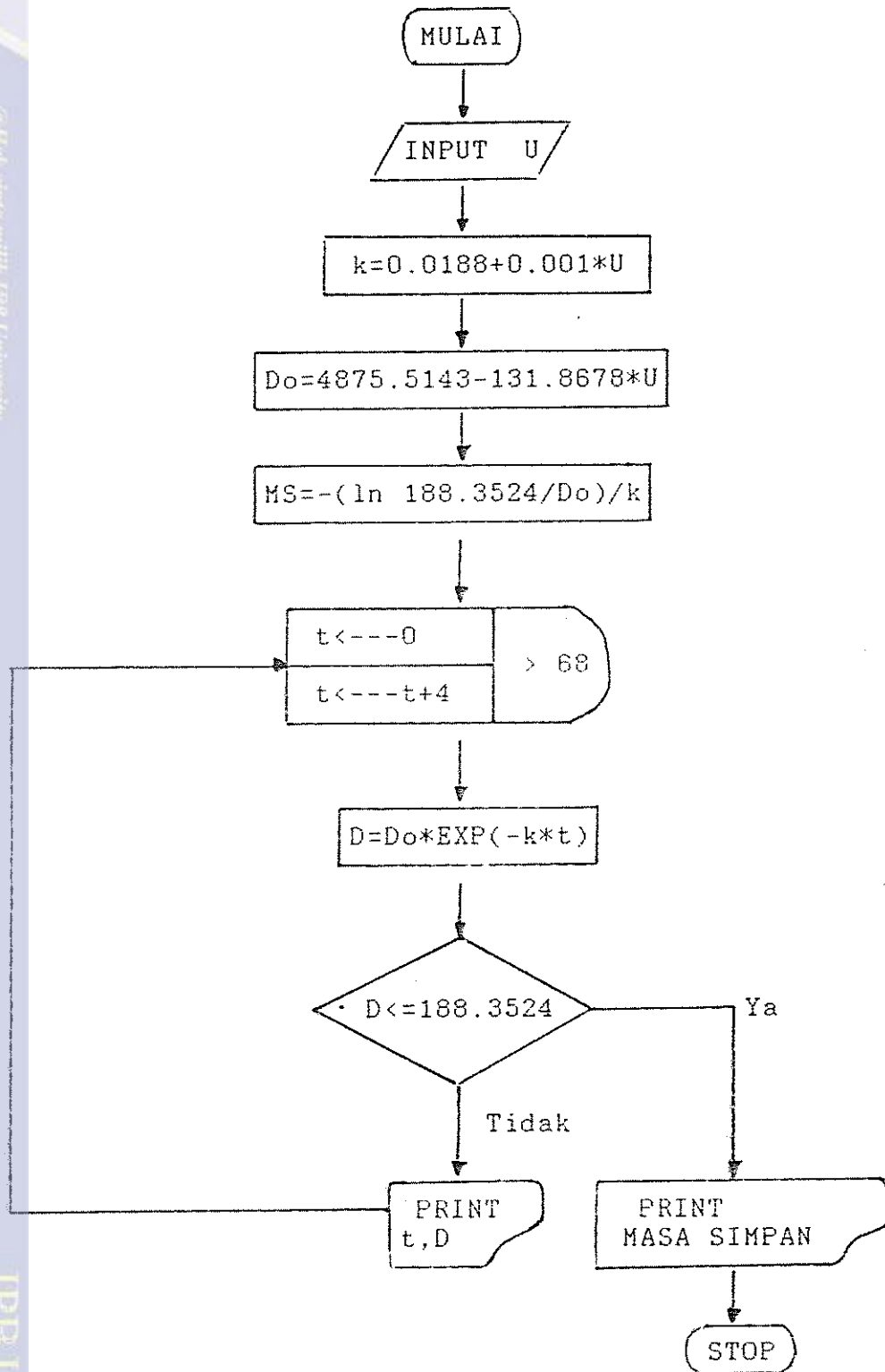
Berdasarkan batas masa simpan tomat dan laju penurunan kekerasan, maka bagan alir untuk model I, yaitu $D/D_0 = \exp(-kt)$ untuk menduga masa simpan tomat dalam kemasan *modified atmosphere* dapat dilihat pada Gambar 22. Sedang bagan alir untuk model II, yaitu $(D(t)-D_e)/(D_0-D_e) = \exp(-kt)$ dapat dilihat pada Gambar 23.

Program komputer untuk model I dan model II dapat dilihat pada Lampiran 8 dan Lampiran 9. Sedangkan data hasil pendugaan untuk model I dan model II dapat dilihat pada Tabel 24 dan 25.

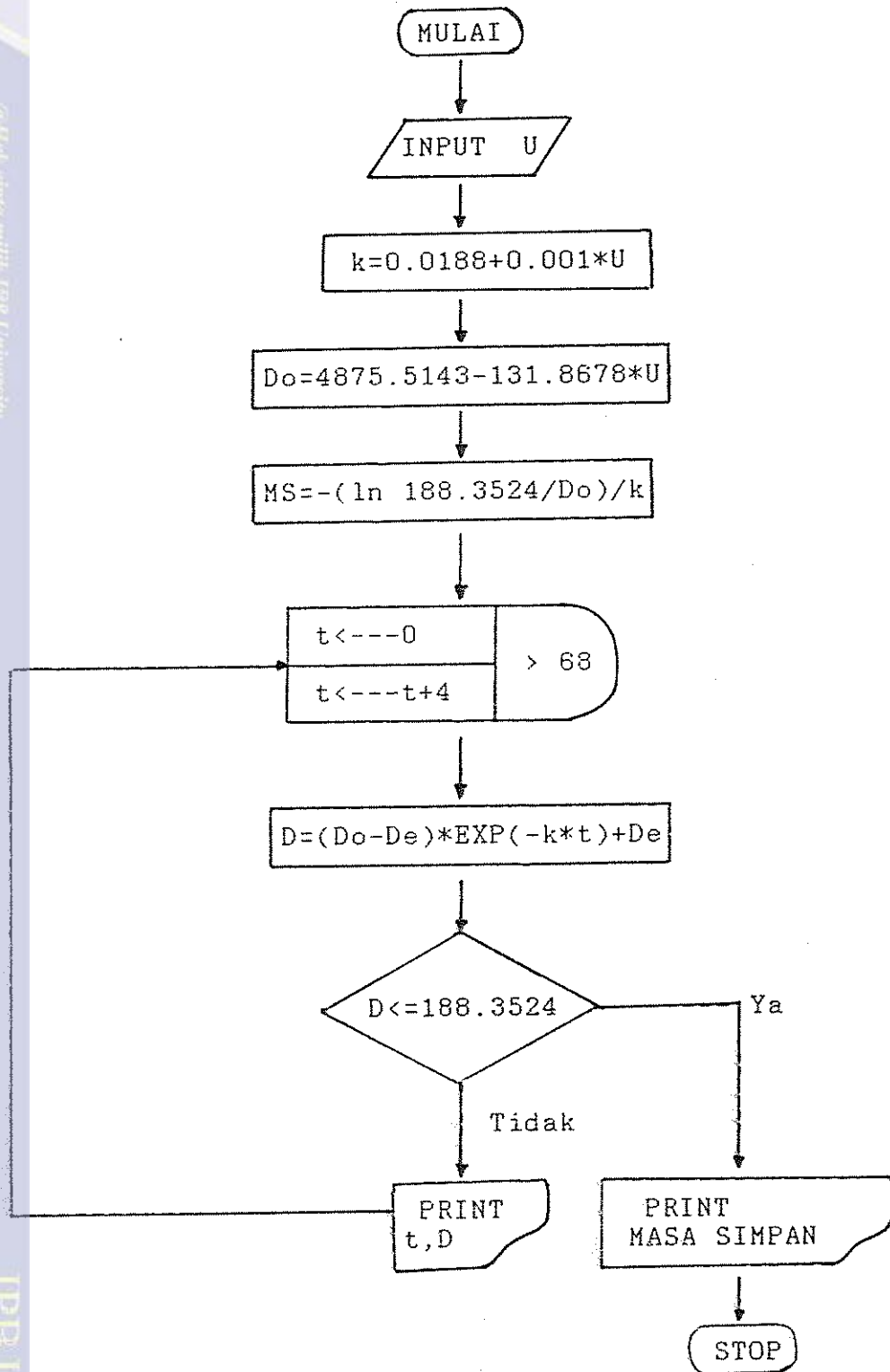
Tabel 24. Data hasil pendugaan kekerasan tomat dalam kemasan *modified atmosphere* (model I)

Lama penyimpanan (hari)	A	B	C
0	1974.4250	1578.8220	1183.2180
4	1677.1180	1325.0880	981.2168
8	1424.5800	1112.1320	813.7014
12	1210.0690	933.4002	674.7846
16	1027.8580	783.3926	559.5839
20	873.0845	657.4930	464.0506
24	741.6166	551.8267	384.8286
28	629.9449	463.1422	319.1284
32	535.0886	388.7102	264.6461
36	454.5157	326.2402	219.4651
40	386.0753	273.8099	181.9976
44	327.9405	229.8057	150.9266
48	278.5597	192.8734	125.1601
52	236.6145	161.8766	103.7925
56	200.9854	135.8612	86.0728
60	170.7213	114.0269	71.3783
64	145.0143	95.7015	
68	123.1782		

Keterangan: A=tomat umur petik hari ke-22
 B=tomat umur petik hari ke-25
 C=tomat umur petik hari ke-28



Gambar 22. Bagan alir pendugaan masa simpan tomat dalam kemasan *modified atmosphere* berdasarkan umur petik dalam periode awal masak hijau (model I)



Gambar 23. Bagan alir pendugaan masa simpan tomat dalam kemasan *modified atmosphere* berdasarkan umur petik dalam periode awal masak hijau (model II)

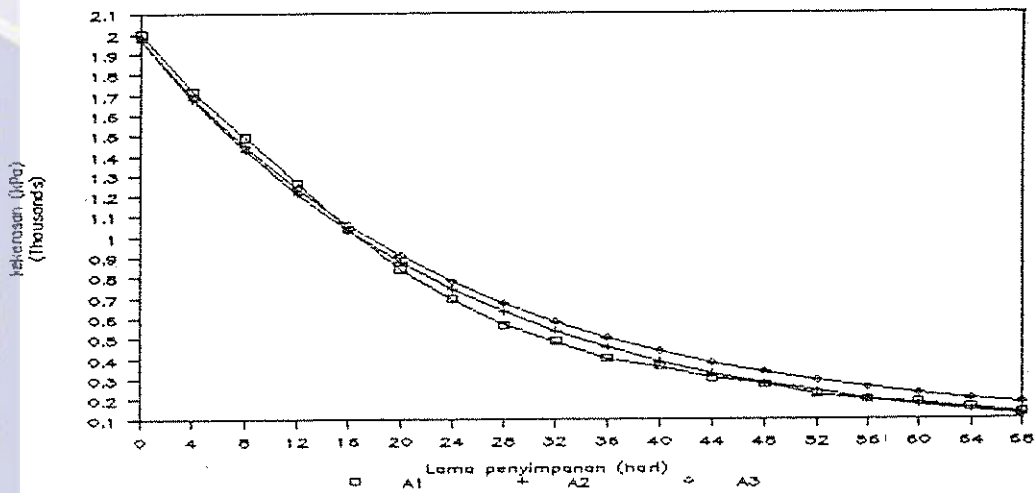
Tabel 25. Data hasil pendugaan kekerasan tomat dalam kemasan *modified atmosphere* (model II)

Lama penyimpanan (hari)	A	B	C
0	1974.4250	1578.8220	1183.2180
4	1689.5370	1335.1400	991.8951
8	1441.9980	1130.6210	833.2348
12	1234.2830	958.9696	701.6615
16	1057.8440	814.9048	592.5505
20	907.9736	693.9928	502.0673
24	780.6705	592.5126	427.0315
28	672.5363	507.3415	364.8059
32	580.6850	435.8582	313.2037
36	502.6645	375.8631	270.4111
40	436.3922	325.5098	234.9242
44	380.0991	283.2489	205.4956
48	332.2826	247.7798	181.0911
52	291.6662	218.0109	160.8531
56	257.1658	193.0262	144.0701
60	227.8604	172.0568	130.1524
64	202.9677	154.4575	
68	181.8234		

Keterangan: A=tomat umur petik hari ke-22
 B=tomat umur petik hari ke-25
 C=tomat umur petik hari ke-28

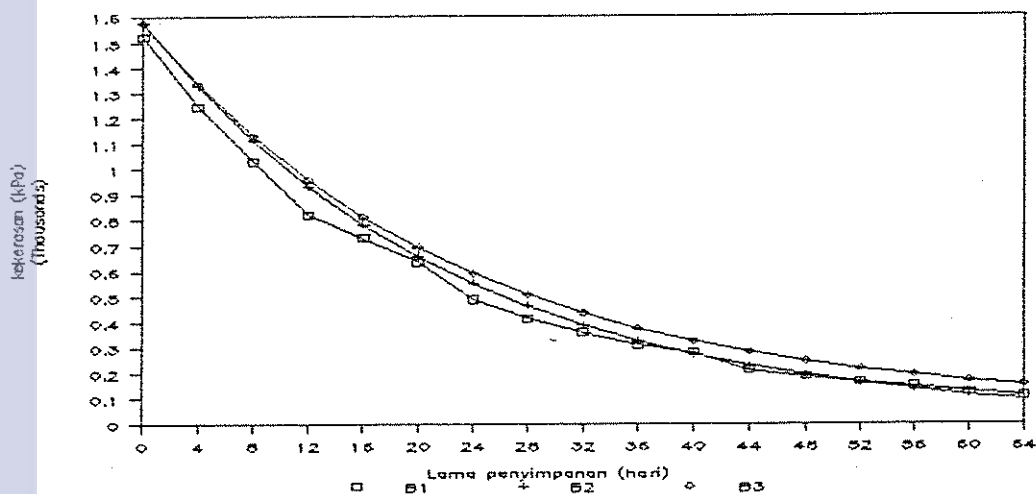
2. Pengujian model

Pengujian kekerasan tomat hasil pengamatan dan pendugaan model matematik I dan II dengan uji statistik menunjukkan tidak adanya perbedaan yang nyata untuk ketiga taraf umur petik (Lampiran 10). Grafik perbandingan kekerasan hasil pengamatan dan pendugaan kedua model untuk ketiga taraf umur petik (Gambar 24, 25 dan 26) juga memperlihatkan bahwa kekerasan hasil pendugaan tidak berbeda dengan kekerasan hasil pengamatan. Hal ini ditunjukkan dari grafik yang terlihat berimpitan.



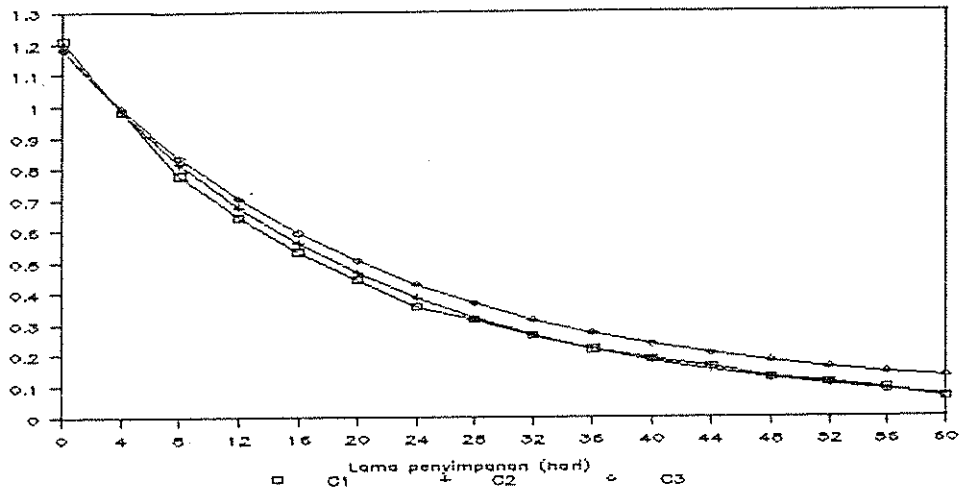
Keterangan: A1=kekeraan hasil pengamatan
 A2=kekeraan hasil pendugaan (model I)
 A3=kekeraan hasil pendugaan (model II)

Gambar 24. Grafik perbandingan kekeraan hasil pendugaan dan pengamatan untuk tomat umur petik hari ke-22



Keterangan: B1=kekeraan hasil pengamatan
 B2=kekeraan hasil pendugaan (model I)
 B3=kekeraan hasil pendugaan (model II)

Gambar 25. Grafik perbandingan kekeraan hasil pendugaan dan pengamatan untuk tomat umur petik hari ke-25



Keterangan: C1=kekerasan hasil pengamatan
 C2=kekerasan hasil pendugaan (model I)
 C3=kekerasan hasil pendugaan (model II)

Gambar 26. Grafik perbandingan kekerasan hasil pendugaan dan pengamatan untuk tomat umur petik hari ke-28

Pengujian hasil pendugaan model I untuk ketiga taraf umur petik menunjukkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 99.6695 persen untuk tomat pemetikan hari ke-22, 99.7202 persen untuk tomat pemetikan hari ke-25 dan 99.7034 persen untuk tomat pemetikan hari ke-28 dibandingkan dengan data hasil pengamatan. Koefisien determinasi rata-rata untuk model I ini sebesar 99.6977 persen.

Koefisien determinasi model II sebesar 99.6712 persen untuk tomat pemetikan hari ke-22, 99.7202 persen untuk tomat pemetikan hari ke-25 dan 99.7035 persen untuk tomat pemetikan hari ke-28 dibandingkan

dengan data hasil pengamatan. Koefisien determinasi rata-rata untuk model I ini sebesar 99.6983 persen.

Koefisien determinasi model II hanya sedikit lebih tinggi dari model I, yaitu hanya sebesar 6×10^{-4} persen. Berarti baik model I maupun model II dapat digunakan untuk menduga masa simpan tomat apel dalam sistem *modified atmosphere*.

Besaran R^2 ini menyatakan 99.6977 persen dan 99.6983 persen dari total keragaman untuk model I dan model II, yang dapat dijelaskan oleh beragamnya nilai-nilai yang dimiliki setiap peubah dalam model pendugaan masa simpan. Atau dengan kata lain, bagian dari total keragaman dalam peubah respon yang tak terterangkan oleh model pendugaan adalah 0.3023 persen dan 0.3017 persen untuk model I dan II.

Pengujian hasil pendugaan model I dan model II untuk kekerasan tomat menunjukkan penyimpangan rata-rata masing-masing sebesar 5.1497 persen dan 11.8917 persen dibandingkan dengan data percobaan.

Data hasil pengamatan dan pendugaan masa simpan tomat model I dan model II untuk ketiga taraf umur petik dapat dilihat pada Tabel 26.

Tabel 26. Hasil pengamatan dan pendugaan masa simpan tomat untuk ketiga taraf umur petik

Umur petik hari ke-	Masa Simpan	
	Hasil pengamatan (hari)	Hasil pendugaan (hari) ! model I ! model II
22	58.4	57.6
25	47.7	48.5
28	39.8	39.3

Dari Tabel diatas, terlihat masa simpan tomat pada umur petik hari ke-22 lebih tinggi dibandingkan tomat pada umur petik hari ke-25. Demikian juga masa simpan tomat pada umur petik hari ke-25 lebih tinggi dibandingkan tomat pada umur petik hari ke-28, baik dari hasil pengamatan maupun hasil pendugaan model I dan model II. Dan pendugaan masa simpan tomat baik untuk model I maupun model II menunjukkan hasil yang sama pula.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Sejalan dengan meningkatnya umur petik, tingkat kematangan tomat meningkat pula, yaitu pada umur petik hari ke-22, ke-25, ke-28, ke-29, ke-30, ke-31, ke-32, ke-33, ke-34, ke-35 dan ke-36, tingkat kematangan tomat meningkat berturut-turut, yaitu awal masak hijau, pertengahan masak hijau, masak hijau, semburat, seperempat masak, setengah masak, jingga muda, jingga tua, jingga merah, merah dan merah tua. Dan perubahan warna yang terjadi juga relatif seragam, yaitu dari 1YG3/5, 1YG3/6, 1YG2/5, 2YG2/3, 3YG1/9, 2Y6/4, 3Y8/2, 3RY12/3, 4RY12/10, 4RY12/11 sampai 5RY12/11.

Sedang laju perubahan diameter buah tomat selama pertumbuhan tidak seragam. Umumnya dikelompokkan dalam 4 kelas berdasarkan diameternya, yaitu kelas 1 untuk tomat berdiameter diatas 80 mm (dengan berat 300-500 gram), kelas 2 berdiameter 70-80 mm (100-300 gram), kelas 3 berdiameter 55-70 mm (60-100 gram) dan kelas 4 berdiameter dibawah 55 mm (dibawah 60 gram).

Pengamatan selama penyimpanan menunjukkan perubahan warna pada tomat umur petik hari ke-28 lebih cepat terjadi dibandingkan perubahan warna tomat umur petik hari ke-25 dan hari ke-22, baik untuk tomat yang tidak dikemas pada suhu 15°C dan pada suhu ruang, tomat dalam

kemasan pada suhu ruang, maupun tomat dalam kemasan *modified atmosphere*.

Hasil uji panel tomat selama penyimpanan, menunjukkan umur petik optimal tomat dalam periode awal masak hijau untuk penyimpanan *modified atmosphere* adalah tomat umur petik hari ke-22. Batas masa simpan tomat yang digunakan dari hasil uji panel adalah tomat merah tua (6RY11/11) dengan kekerasan 188.3524 kPa.

Nilai kekerasan tomat menurun sejalan dengan meningkatnya umur petik. Besarnya kekerasan awal tomat apel terhadap umur petik adalah $Do=4875.5143-131.8678U$.

Pengamatan visual terhadap kemasan tomat dalam sistem penyimpanan *modified atmosphere* tidak menunjukkan adanya pengembunan pada kemasan selama penyimpanan untuk ketiga taraf umur petik.

Konsentrasi kesetimbangan gas O_2 dan CO_2 dalam mangkok polystyrene yang dikemas plastik *stretch film* pada suhu $15^\circ C$ adalah 7.61 persen O_2 dan 4.68 persen CO_2 . Sedangkan hasil pendugaan konsentrasi kesetimbangan adalah 7.26 persen O_2 dan 4.44 persen CO_2 . Hasil uji statistik menunjukkan konsentrasi gas O_2 dan CO_2 hasil pengamatan dan pendugaan tidak berbeda nyata, sehingga model matematik dapat digunakan untuk menghitung kandungan sesaat dan kesetimbangan O_2 dan CO_2 .

Susut bobot tomat selama penyimpanan dalam sistem *modified atmosphere* untuk tomat umur petik hari ke-28 pada hari ke-40 adalah 7.32 persen, untuk tomat umur

petik hari ke-25 pada hari ke-48 adalah 7.63 persen, untuk tomat umur petik hari ke-22 pada hari ke-60 adalah 8.13 persen.

Hasil pengamatan menunjukkan kekerasan tomat menurun selama penyimpanan dengan laju penurunan kekerasan mengikuti model persamaan diferensial ordo pertama. Model matematik yang digunakan adalah $D/D_0 = \exp(-kt)$ (model I) dan $(D(t) - D_e)/(D_0 - D_e) = \exp(-kt)$ (model II). Besarnya konstanta laju penurunan kekerasan sebagai fungsi umur petik adalah $k = 0.0188 + 0.001U$. Hasil uji statistik terhadap kekerasan tomat hasil pengamatan dan pendugaan menunjukkan tidak adanya perbedaan yang nyata untuk ketiga taraf umur petik, baik untuk model I maupun model II.

Hasil pengamatan masa simpan tomat apel dalam kemasan *modified atmosphere* memperlihatkan untuk tomat umur petik hari ke-22 mempunyai masa simpan yang paling tinggi, yaitu 58.4 hari, sedang tomat umur petik hari ke-25 yaitu 47.7 hari dan tomat umur petik hari ke-28 adalah 39.8 hari. Sedangkan hasil pendugaan model I dan model II adalah sama, yaitu untuk tomat umur petik hari ke-22 adalah 57.6 hari, tomat umur petik hari ke-25 adalah 48.5 hari dan tomat umur petik hari ke-28 adalah 39.3 hari.

Pengujian hasil pendugaan model untuk ketiga taraf umur petik menunjukkan koefisien determinasi rata-rata sebesar 99.6977 persen dan 99.6983 persen untuk model I

dan model II. Sedangkan penyimpangan rata-rata untuk model I sebesar 5.1497 persen dan model II sebesar 11.8917 persen.

B. SARAN

Sebelum melakukan penyimpanan disarankan pembersihan dan sortasi buah tomat dilakukan dengan teliti, sehingga tomat yang akan disimpan dalam sistem *modified atmosphere* adalah tomat yang terseleksi (bersih, tidak ada luka atau memar) untuk mendapatkan masa simpan yang optimal.

Penggunaan nilai warna tomat sebagai input model pendugaan masa simpan dapat dilakukan, dimana nilai konstanta perubahan warna tomat (W) sebagai fungsi umur petik adalah $W = 0.1867 + 0.01667*U$.

Hubungan antara umur tanam dengan umur petik perlu dikaji sehingga waktu pemetikan sudah dapat diketahui pada saat tanam dan perlu dilakukan pengamatan laju pertumbuhan buah tomat, mulai saat pertama kali berbuah (klaster awal) hingga saat terakhir (klaster akhir) pada tiap tanaman tomat (masa pertumbuhan mulai dari 0-4 bulan), sehingga model pendugaan masa simpan tomat dapat bekerja selama pertumbuhan tanaman tomat.

Input hubungan fungsi k dengan suhu penyimpanan pada model pendugaan perlu ditentukan, sehingga model pendugaan dapat bekerja pada suhu penyimpanan yang berfluktuasi untuk memperkecil kesalahan pendugaan.



Hias Cetak: Pemandangan Lintang Lintang

- 1. Ombak menggores sandainya atas selat di Kaya-kaya ber tepak memunculkan dan mempedalkan jumar.
- 2. Bergejolak hingga untuk kesetiaan perinderaan, perinderaan, perinderaan hingga emali, perinderaan seperti, perinderaan tidak ada pikiran untuk masalah.
- 3. Bergejolak tidak merupakan keperluan yang wajar (PPK) seperti:
- 4. Dengan menggunakan foto memindai yang akan dipukul hanya bisa berdebat seperti apapun tanpa ada IPB University.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Urutan standard warna *Dictionary of Color*
(Maerz dan Paul, 1950)

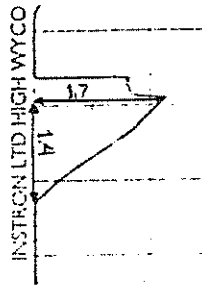
Kelompok	Warna	Plate
1	Merah ke Orange (RY)	1-8
2	Orange ke Kuning (Y)	9-16
3	Kuning ke Hijau (YG)	17-24
4	Hijau ke campuran Biru-Hijau (G)	25-32
5	Campuran Biru-Hijau ke Biru (B)	33-40
6	Biru ke Merah (RP)	41-48
7	Ungu ke Merah (R)	49-56



Lampiran 2. Tingkat warna tomat apel

Kelompok	Warna tomat	Nilai warna	
I. 1.	1YG2/2-1YG4/3	0.00-0.32	
	2.	1YG4/4-1YG6/5	0.33-0.66
	3.	1YG6/6-2YG4/8	0.67-0.99
II 1.	2YG4/9-2YG2/10	1.00-1.32	
	2.	2YG2/11-3YG1/11	1.33-1.66
	3.	3YG1/12-4YG1/12	1.67-1.99
III. 1.	1Y1/12-1Y4/5	2.00-2.32	
	2.	1Y4/6-1Y5/12	2.33-2.66
	3.	1Y6/1-1Y8/4	2.67-2.99
IV. 1.	2Y8/5-2Y10/8	3.00-3.32	
	2.	2Y10/9-3Y12/11	3.33-3.66
	3.	3Y12/12-4Y12/12	3.67-3.99
V. 1.	3RY12/1-3RY12/3	4.00-4.32	
	2.	3RY12/4-4RY12/5	4.33-4.66
	3.	4RY12/6-5RY12/7	4.67-4.99
VI. 1.	5RY12/8-6RY12/9	5.00-5.32	
	2.	6RY12/10-7RY12/11	5.33-5.66
	3.	7RY12/12-8RY12/12	5.67-5.99

Lampiran 3. Contoh perhitungan nilai kekerasan tomat dengan menggunakan modulus secant berdasarkan grafik yang dihasilkan alat instron 1140



Diketahui:

Diameter probe	= 3.595 cm
Kecepatan beban	= 50 mm/menit
Kecepatan kertas	= 50 mm/menit
Ukuran kertas grafik	
1 cm	= 6.67 kotak
Pembebanan	= 50 kg/100 kotak
	= 0.5 kg/kotak
Tinggi tomat uji	= 6.20 cm
	= 6.20 cm x 6.67 kotak/cm
	= 41.354 kotak

Pemecahan

$$\Delta L/L = \frac{\text{kecepatan turunnya beban}}{\text{kecepatan turunnya kertas} \times T}$$

$$= \frac{50 \text{ mm/menit}}{50 \text{ mm/menit} \times 41.354 \text{ kotak}}$$

$$= 0.02418/\text{kotak}$$

$$r = \frac{m \times g}{A}$$

$$= \frac{0.5 \text{ kg/kotak} \times 9.81 \text{ m/s}^2}{\pi/4 \times (3.595/100)^2 \text{ m}^2}$$

$$= 4832.2604 \text{ Pa/kotak}$$

Dari grafik diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{tinggi pembebanan} &= 1.7 \text{ cm} \times 6.67 \text{ kotak/cm} \\ &= 11.339 \text{ kotak} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{kedalaman pembebanan} &= 1.4 \text{ cm} \times 6.67 \text{ kotak/cm} \\ &= 9.338 \text{ kotak} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r &= 11.339 \text{ kotak} \times 4832.2604 \text{ Pa/kotak} \\ &= 56\,793.0007 \text{ Pa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta L/L &= 9.338 \text{ kotak} \times 0.02418/\text{kotak} \\ &= 0.2258 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} E &= \frac{r}{\Delta L/L} \\ &= \frac{56\,793.0007}{0.2258} \\ &= 251527.0223 \text{ Pa} \\ &= 251.527 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Lampiran 4a. Daftar analisis sidik ragam tingkat kesukaan konsumen terhadap tekstur tomat untuk tiga taraf umur petik

Sumber	DB	JK	KT	F_{hitung}	$F_{tabel 0.05}$
Perlakuan	2	13.74	6.87	9.52 ^{*)}	5.14
G a l a t	6	4.33	0.72		
T o t a l	8	18.06			

Lampiran 4b. Daftar analisis sidik ragam tingkat kesukaan konsumen terhadap warna tomat untuk tiga taraf umur petik

Sumber	DB	JK	KT	F_{hitung}	$F_{tabel 0.05}$
Perlakuan	2	5.80	2.90	15.73 ^{*)}	5.14
G a l a t	6	1.11	0.18		
T o t a l	8	6.91			

Lampiran 4c. Daftar analisis sidik ragam tingkat kesukaan konsumen terhadap aroma tomat untuk tiga taraf umur petik

Sumber	DB	JK	KT	F_{hitung}	$F_{tabel 0.05}$
Perlakuan	2	3.02	1.01	27.45 ^{*)}	5.14
G a l a t	6	0.22	0.04		
T o t a l	8	3.24			

Lampiran 4d. Daftar analisis sidik ragam tingkat kesukaan konsumen terhadap rasa tomat untuk tiga taraf umur petik

Sumber	DB	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel 0.05}
Perlakuan	2	5.09	2.54	17.88 [*])	5.14
G a l a t	6	0.85	0.14		
T o t a l	8	5.94			

Lampiran 4e. Hasil pengujian perbedaan tekstur, warna, aroma dan rasa dari uji panel antar perlakuan umur petik tomat dengan uji beda nyata terkecil

Parameter	A-B	A-C	B-C
Tekstur	*	*	+
Warna	*	*	*
Aroma	*	*	*
Rasa	*	*	*

Keterangan: * = berbeda nyata
 + = tidak berbeda nyata
 A = tomat umur petik hari ke-22
 B = tomat umur petik hari ke-22
 C = tomat umur petik hari ke-22

$$BNT = t_{\alpha/2} (db \text{ galat}) \sqrt{\frac{2KT \text{ galat}}{n}}$$

Lampiran 5. Program komputer untuk pendugaan konsentrasi kesetimbangan gas O₂ dan CO₂

```

REM "PENDUGAAN KONSENTRASI O2 DAN CO2 DALAM KEMASAN
DENGAN PENDEKATAN MATEMATIS"
PRINT TAB(15);"PENDUGAAN KONSENTRASI O2 DAN CO2 DALAM KEMASAN": PRINT
PRINT TAB(24);"DENGAN PENDEKATAN MATEMATIS": PRINT
INPUT "SUHU PENYIMPANAN=";TP
INPUT "PERMEABILITAS TERHADAP O2=";KY
INPUT "PERMEABILITAS TERHADAP CO2=";KZ
INPUT "KANDUNGAN O2 PADA UDARA NORMAL=";YA
INPUT "KANDUNGAN CO2 PADA UDARA NORMAL=";ZA
INPUT "LAJU PEMAKAIAN O2=";RY
INPUT "LAJU TERBENTUKNYA CO2=";RZ
INPUT "LUAS PERMUKAAN KEMASAN=";S
INPUT "VOLUME BEBAS KEMASAN=";V
INPUT "BERAT BUAH YANG DIKEMAS=";W
PRINT
PRINT TAB(2);"=====
PRINT TAB(2);"WAKTU PENDUGAAN";TAB(24);"KONSENTRASI DALAM KEMASAN (PERSEN)"
PRINT TAB(7);"JAM";TAB(27);"O2";TAB(47);"CO2"
PRINT TAB(2);"=====
Z=YA-(W*RY)/(S*KY):Z=ZA+(W*RZ)/(S*KZ)
Y=Y*100:EZ=Z*100
=0
FOR T=0 TO 500 STEP 4
EF FNY(T)=Y+(YA-Y)*EXP(-S*KY*T/V)
EF FNZ(T)=Z+(ZA-Z)*EXP(-S*KZ*T/V)
2=FNY(T)*100:CO2=FNZ(T)*100
F O2<=EY AND CO2>=EZ THEN 290
RINT TAB(7);T;TAB(26);O2;TAB(46);CO2
EXT T
RINT TAB(2);"=====
RINT TAB(2);"KONSENTRASI O2 KESETIMBANGAN=";EY
RINT TAB(2);"KONSENTRASI CO2 KESETIMBANGAN=";EZ
ND

```

Lampiran 6. Hasil pengujian hipotesis antara konsentrasi gas O₂ dan CO₂ hasil pengamatan dan pendugaan dengan uji statistik

Parameter	Rata-rata konsentrasi gas Pengamatan	Rata-rata konsentrasi gas Pendugaan	t _{hitung}	t _{tabel} 0.5
Gas O ₂	11.2064	11.0709	0.062 ⁺⁾	1.725
Gas CO ₂	3.8909	3.6982	0.310 ⁺⁾	1.725

Keterangan:

+)⁾ tidak berbeda nyata

$$t_{hitung} = \frac{X_i - X_j}{S_p \sqrt{(1/n_i) + (1/n_j)}}$$

$$S_p^2 = \frac{(n_i - 1)S_i^2 + (n_j - 1)S_j^2}{n_i + n_j - 2}$$

$$v = n_i + n_j - 2$$

i = hasil pengamatan

j = hasil pendugaan

Lampiran 7a. Daftar analisis sidik ragam tingkat kesukaan konsumen terhadap tekstur tomat

Sumber	DB	JK	KT	F_{hitung}	F_{tabel}	
					0.05	0.01
Perlakuan	4	3.386	0.8465	3.9 ^{+))}	5.19	11.39
Galat	5	1.25	0.25			
Total	9	4.636				

Lampiran 7b. Daftar analisis sidik ragam tingkat kesukaan konsumen terhadap warna tomat

Sumber	DB	JK	KT	F_{hitung}	F_{tabel}	
					0.05	0.01
Perlakuan	4	5.634	1.4085	3.47 ^{+))}	5.19	11.39
Galat	5	2.03	0.406			
Total	9	7.664				

Lampiran 7c. Daftar analisis sidik ragam tingkat kesukaan konsumen terhadap aroma tomat

Sumber	DB	JK	KT	F_{hitung}	F_{tabel}	
					0.05	0.01
Perlakuan	4	0.414	0.1035	0.575 ^{+))}	5.19	11.39
Galat	5	0.9	0.18			
Total	9	1.314				

Lampiran 7d. Daftar analisis sidik ragam tingkat kesukaan konsumen terhadap rasa tomat

Sumber	DB	JK	KT	F_{hitung}	F_{tabel}	
					0.05	0.01
Perlakuan	4	3.414	0.8535	4.66 ^{+))}	5.19	11.39
Galat	5	0.915	0.183			
Total	9	4.329				

Keterangan: ^{+))} tidak berbeda nyata

Lampiran 8. Program komputer untuk menduga masa simpan dan kekerasan tomat apel dalam kemasan *modified atmosphere* (model I)

```

*****
PROGRAM PENDUGAAN MASA SIMPAN TOMAT DALAM KEMASAN
"MODIFIED ATMOSPHERE" BERDASARKAN UMUR PETIK
DALAM PERIODE AWAL MASAK HIJAU
MODEL MATEMATIK:  $D/DO=EXP(-K*T)$ 
OLEH: NICOLAAS WIRYADINATA
F 23.1643
*****
PRINT TAB(4);"PENDUGAAN NILAI KEKERASAN":PRINT
INPUT "UMUR PETIK=";U
K=.0188+.001*U
DO=4875.5143#-131.8677*U
MS=(LOG(DO/188.3524))/K
PRINT TAB(4);"MASA SIMPAN (HARI)=";MS
IF D<=188.3524 THEN 170
PRINT TAB(2);"WAKTU PENDUGAAN";TAB(30);"NILAI KEKERASAN"
PRINT TAB(5);"(HARI)";TAB(35);"(KPA)"
PRINT TAB(2);"=====
FOR T=0 TO 68 STEP 4
D=DO*EXP(-K*T)
IF D<=188.3524 THEN 230
PRINT TAB(8);T;TAB(35);D
NEXT T
PRINT TAB(2);"=====
END

```


Lampiran 9. Program komputer untuk menduga masa simpan dan kekerasan tomat apel dalam kemasan *modified atmosphere* (model II)

```

10 *****
20 PROGRAM PENDUGAAN MASA SIMPAN TOMAT DALAM KEMASAN
30 "MODIFIED ATMOSPHERE" BERDASARKAN UMUR PETIK
40 DALAM PERIODE AWAL MASAK HIJAU
50 MODEL MATEMATIK:  $(D-DE)/(DO-DE)=EXP(-K*T)$ 
60 OLEH: NICOLAAS WIRYADINATA
70 F 23.1643
80 *****
90 PRINT TAB(4);"PENDUGAAN NILAI KEKERASAN":PRINT
100 INPUT "UMUR PETIK=";U
110 K=.0188+.001*U
120 DO=4875.5143#-131.8677*U
130 DE=62.5473
140 MS=(LOG(DO/188.3524))/K
150 PRINT TAB(4);"MASA SIMPAN (HARI)=";MS
160 IF D<=188.3524 THEN 180
170 PRINT TAB(2);"WAKTU PENDUGAAN";TAB(30);"NILAI KEKERASAN"
180 PRINT TAB(5);"(HARI)";TAB(35);"(KPA)"
190 PRINT TAB(2);"=====
200 FOR T=0 TO 68 STEP 4
210 D=DE+(DO-DE)*EXP(-K*T)
220 IF D<=188.3524 THEN 240
230 PRINT TAB(8);T;TAB(35);D
240 NEXT T
250 PRINT TAB(2);"=====
260 END

```

Lampiran 10a. Hasil pengujian hipotesis kekerasan hasil percobaan dan pendugaan dengan uji t (model I)

Umur petik (hari ke-)	Nilai kekerasan		t_{hitung}	t_{tabel} 0.05
	Percobaan	Perhitungan		
22	684.4307	689.8550	0.028 ⁺)	1.697
25	516.9717	548.4825	0.209 ⁺)	1.694
28	404.5895	411.4968	0.057 ⁺)	1.693

Keterangan: ⁺) tidak berbeda nyata

Lampiran 10b. Hasil pengujian hipotesis kekerasan hasil percobaan dan pendugaan dengan uji t (model II)

Umur petik (hari ke-)	Nilai kekerasan		t_{hitung}	t_{tabel} 0.05
	Percobaan	Perhitungan		
22	684.4307	730.5486	0.245 ⁺)	1.697
25	516.9717	589.3009	0.490 ⁺)	1.694
28	404.5895	452.2916	0.405 ⁺)	1.693

Keterangan: ⁺) tidak berbeda nyata

DAFTAR PUSTAKA

- Apandi, M. 1984. Teknologi Buah dan Sayur. Penerbit Alumni, Bandung.
- Biro Pusat Statistik. 1981-1988. Neraca Bahan Makanan Indonesia. Penerbit BPS, Jakarta.
- Bourne, M.C. 1981. Physical properties and structure of horticultural crops. In M. Peleg dan E.B. Bagley (ed.). Physical properties of food. AVI Pub. Co., Inc. Westport, Connecticut.
- Brandt, M.A., E.B. Skinner dan J.A. Coleman. 1963. Texture profile method. J. Food Sci., 28: 404-409.
- Deily, K.R. and S.S.H. Rizvi. 1981. Optimization of parameters for packaging of fresh peaches in polymeric film. J. Food Process Eng. 5:23-41.
- Desrosier, N.W. 1988. Teknologi Pengawetan Pangan (terjemahan). Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Do, J.Y. dan D.K. Salunkhe. 1975. Controlled Atmosphere Storage : Biochemical Consideration. Di dalam E.B. Pantastico. Postharvest Physiology, Handling and Utilization of Tropical and Subtropical Fruits and Vegetables. The AVI Pub. Co. Inc., Westport, Connecticut, USA.
- Edmond, J.B., T.L. Senn, F.S. Andrews dan R.G. Halfarore. 1975. Fundamentals of horticulture. McGraw Hill Book Co., New York.
- FAO. 1981. Food loos preservation in perishable crop. Food and Agricultural Organization in United Nation, Rome.
- Geeson, J.D., K.M. Brown, K. Maddison, J. Shepherd dan F. Guaraldi. 1985. Modified atmosphere packaging to extend the selflife of tomatoes. J. Food Technol. 20: 239-349.
- Hobson, G.E. dan J.N. Davies. 1971. The tomato, p.437-475. Dalam A.C. Hulme (ed.). The biochemistry of fruits and their products, Vol.2. Academic Press, London and New York.
- Irving, A.R. 1984. Transport of fresh horticultural produce under modified atmosphere. CSIRO Food Res. Q. 44(2) : 25-26.

- Isenberg, F.M.R. 1979. Controlled Atmosphere Storage of Vegetables. Di dalam Janick (ed.). Horticultural Reviews, Vol.1. AVI Pub. Co., Westport, Connecticut.
- Janick, J. 1972. Horticultural Science. W.H. Freeman Co., San Fransisco.
- Kader, A.A. 1986. Biochemical and physiological. Basis for effects of controlled and modified atmosphere on fruits and vegetables. Food Technol 90(5):99-104.
- Knott, J.E. 1958. Vegetable Growing. Lea Febiger, Philadelphia.
- Kramer, A dan B.A. Twigg. 1966. Fundamental of Quality Control for the Food Industry. AVI Pub. Co., Westport, Connecticut.
- Labuza, T.P. 1983. Reaction kinetics and accelerated tests simulation as functions of temperature. In I. Saguy. Computer-aided techniques in food technology Agric. Research Organisation. The Volcani Center. Marcell Dekkker, Inc., New York.
- Leopold, A.C. dan P.E. Kriedeman. 1975. Plant Growth and Development. McGraw Hill, New York.
- Maerz, A. dan M.R. Paul. 1950. A Dictionary of Color. 2nd ed. McGraw Hill Book Co. Inc., New York, Toronto, London.
- Metliskii, L. V., E.G. Saj'kova, N.L. Volkind, V. I. Bondarev, and V.Y. Yanyuk. 1972. Controlled atmosphere storage of fruits. Amerind Pub. PVT, Ltd, New Delhi, New York.
- Musa, M.S. dan A.H. Nasution. 1988. Perancangan dan Analisis Percobaan Ilmiah. Vol.II. Pengantar Model Linear dan Teknik Regresi. Jurusan Statistika, FMIPA, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Nault, W.H. (ed.). 1982. The World Book Encyclopedia. Vol. 4. World Book-Childeraf International, Inc. Merchandise Mart Plaza, Chicago, Illinois.
- Pantastico, E.B. 1986. Fisiologi pasca panen, penanganan dan pemanfaatan buah-buahan dan sayur-sayuran tropika dan subtropika. (Terjemahan Kamariyani). Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Peleg, K. 1985. Produce Handling, Packaging and Distribution. The AVI Pub. Co., Westport, Connecticut, USA.

Piknik, W. dan A.G.J. Voragen. 1970. Pectin substances and other uronides, p.53-80. In A.C. Hulme (ed.). The biochemistry of fruits and their products, Vol.1. Academic Press, London and New York.

Rhodes, M.J.C. 1970. The climacteric and ripening of fruits, p.521-532. In A.C. Hulme (ed.). The biochemistry of fruits and their products, Vol.1. Academic Press, London and New York.

Rokayah, E. 1978. Deskripsi Varietas pada Tanaman Tomat, Keragaman dalam Berbagai Komponen Hasil. Skripsi, Departemen Agronomi, Fakultas Pertanian, IPB, Bogor.

Rusmono, M. H.K. Purwadaria dan Y.Y. Setiawan. 1990. Simulasi model pendugaan masa simpan tomat dalam sistem penyimpanan "modified atmosphere". Makalah pada Seminar Hasil-hasil Penelitian LP-IPB, Bogor, 17 Maret 1990.

Ryall, A.L. dan W.J. Lipton. 1972. Handling, transportation and storage of fruits and vegetables, Vol.1. Westport, Conn. AVI Pub. Co., Inc.

Salunkhe, D.K. dan B.B. Desai. 1984. Postharvest biotechnology of vegetables. Vol. I. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. p. 55-77.

Setiawan, Y.Y, I.G.P. Mahendrayana, I.W. Budiastara dan H.K. Purwadaria. 1986. Penyimpanan tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill) segar dengan "modified atmosphere". Makalah pada Seminar Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, 17-18 November 1986.

Setiawan, Y.Y, H.K. Purwadaria dan T. Supriyanto. 1989. Behavior of variables in modified atmosphere system of fresh tomatoes. Proc. Second Seminar JICA-IPB on Agricultural Engineering and Technology. Bogor, 7-8 August 1989.

Sinaga, R.M. 1986. Pengaruh penyimpanan terkontrol dan tingkat kematangan terhadap daya simpan tomat. Media Teknol. Pangan Vol. 2(3):1-7.

Soekarto, S.T. 1985. Penilaian Organoleptik untuk Industri Pangan dan Hasil Pertanian. Bharata, Jakarta.

Soesarsono. 1981. Penyimpanan Buah-buahan, Sayur-sayuran dan Bunga-bunga. Jurusan Teknologi Industri, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, Bogor.

Steel, R.G.P dan J.H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics, A Biometrical Approach, 2nd ed. McGraw Hill, Kogahusha Ltd., Tokyo.

Sunarjono, H. 1977. Budidaya Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill). Penerbit PT Soeroengan, Jakarta, 48p.

Thompson, H. C. dan Kelly. 1979. Vegetable Crops. McGraw Hill Book Co., New York, USA.

Thorne, S dan J.S. Sequrajaregui. 1981. The effect of irregular storage temperature on firmness and surface colour in tomatoes. J. Sci. Food Agric. 33:671-676.

Uexkull, H.R. Von. 1979. Tomato:nutrition and fertilizer requirements in tropics. In Robert Cowell (ed.). 1st International Symposium on Tropical Tomato. AVRDC Pub;.

Weaver, R.J. 1972. Plant Growth Substances in Agriculture. W.H. Freeman Co., San Fransisco.

Wills, R.H.H.H, T.H. lee, P. Graham, W.B. McGlasson dan E.G. Hall. 1981. Postharvest and Introduction to The Physiology and Handling of Fruit and Vegetables, South China Printing Co., Hongkong.

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