

Rista Anggriani
Noor Harini

FISIOLOGI DAN TEKNOLOGI PASCAPANEN



Penerbit Universitas Muhammadiyah Malang

FISIOLOGI DAN TEKNOLOGI PASCAPANEN

Hak Terbit pada UMMPress
Hak Cipta © Penulis, 2025

Cetakan Pertama, Maret 2025

xiv + 118 (132 hlm.), 16 cm x 23 cm
ISBN 978-979-796-972-1
ISBN 978-979-796-973-8 (PDF)

Penulis: Rista Anggriani, Noor Harini
Tata Letak: AH. Riyantono
Sampul: Margaretha Dwi Lestari

UMMPRESS

Jl. Raya Tlogomas No. 246 Malang 65144
Telepon: 081216126067, (0341) 464318 Psw. 140
E-mail: ummpress@umm.ac.id
Website: ummpress.umm.ac.id
Anggota IKAPI Nomor: 183/Anggota Luar Biasa/JTI/2017
Anggota APPTI Nomor: 002.061.1.10.2018

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun, tanpa izin tertulis dari penerbit.

**Sanksi Pelanggaran Pasal 113
Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014
tentang Hak Cipta**

- (1) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 100.000.000 (seratus juta rupiah).
- (2) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
- (3) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- (4) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

PRAKATA

Produk segar hasil pertanian dikategorikan sebagai benda hidup yang masih mempunyai metabolisme meskipun telah dipanen. Hal ini menyebabkan perubahan-perubahan baik secara fisik maupun kimiawi pada hasil pertanian tersebut. Untuk itulah hasil pertanian segar bersifat perishable atau mudah rusak. Secara kualitatif, kerusakan yang terjadi pascapanen pada hasil pertanian berkisar 25-40%. Kerusakan ini terjadi dikarenakan pemanenan dan perlakuan pasca panen yang kurang tepat.

Buku ini memaparkan pengetahuan dan ilmu dari aspek fisiologi dan teknologi penanganan pascapanen pada pangan segar asal tumbuhan. Pengetahuan dasar ini berguna untuk mengetahui penyebab terjadi kerusakan pada hasil pertanian dan tindakan apa yang dapat dilakukan untuk mencegah kerusakan tersebut. Diharapkan, dengan adanya buku ini masyarakat dapat menerapkan cara penanganan pascapanen hasil pertanian dengan baik. Dengan demikian, didapatkan hasil pertanian dengan kualitas yang baik dan memperpanjang kesegarannya.

Semoga buku ini dapat memberi manfaat bagi pembaca.

Tim Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
BAB 2. KARAKTERISTIK PANGAN SEGAR PASCAPANEN	7
BAB 3. FISILOGI PASCAPANEN	13
BAB 4. KLIMATERIK DAN NON KLIMATERIK	29
BAB 5. PEMANENAN	35
BAB 6. PATOLOGI PASCAPANEN	51
BAB 7. PERLAKUAN-PERLAKUAN PASCAPANEN	67
BAB 8. PENYIMPANAN PASCAPANEN	97
BAB 9. TRANSPORTASI	111
GLOSARIUM	115
BIODATA PENULIS	118

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Penyebab “ <i>food loss</i> ” pada pascapanen	7
Tabel 2. Kadar air beberapa bahan hasil pertanian	8
Tabel 3. Contoh penyebab <i>postharvest losses</i> pada beberapa komoditas	9
Tabel 4. Faktor yang mempengaruhi kecepatan transpirasi	14
Tabel 5. Klasifikasi komoditas berdasar laju respirasi	16
Tabel 6. Klasifikasi laju produksi etilen beserta contoh komoditas	19
Tabel 7. Asam-asam organik dan sumber terdapat pada buah-buahan	23
Tabel 8. Perubahan kimiawi pasca panen	27
Tabel 9. Perbedaan buah klimaterik dan non klimaterik	32
Tabel 10. Kadar etilen pada buah klimaterik dan non klimaterik	33
Tabel 11. Contoh indeks kematangan secara visual	37
Tabel 12. Indeks Kematangan Buah Manggis berdasarkan warna kulit	38
Tabel 13. Waktu panen beberapa hasil pertanian berdasar komputasi	39
Tabel 14. Metode pemanenan dengan pengujian	40
Tabel 15. Kelemahan dan Kelebihan Pemanenan Manual dan Menggunakan Mesin	46
Tabel 16. Perbedaan penyakit parasiter dan non parasiter	51
Tabel 17. Penyakit dan kerusakan pascapanen selama penyimpanan dan pemasaran	53
Tabel 18. Hama gudang selama penyimpanan pasca panen	55
Tabel 19. Contoh senyawa kimia yang digunakan untuk pengendalian penyakit pasca panen	57

Tabel 20. Contoh penerapan perlakuan panas dalam pengendalian penyakit pasca panen	61
Tabel 21. Pengendalian penyakit pasca panen dengan mikroba	62
Tabel 22. Perlakuan-perlakuan pasca panen di beberapa komoditas	67
Tabel 23. Klasifikasi dan standar mutu buah stroberi berdasarkan SNI No 8026 Tahun 2014 dan <i>Commission Implementing Regulation</i> (2011)	75
Tabel 24. Permeabilitas gas dan laju transmisi air (<i>Water Transmission Rate-WTR</i>) polimer film tersedia untuk kemasan produk MAP (<i>Modified Atmosphere Packaging</i>)	80
Tabel 25. Kondisi <i>optimal curing</i> di beberapa umbi-umbian	82
Tabel 26. Kelebihan dan Kelemahan Pelilinan	86
Tabel 27. Skor sensori tekstur dan warna buah pisang dengan berbagai cara pemeraman	91
Tabel 28. Kondisi pematangan beberapa buah menggunakan etilen pada RH 85-90%	92
Tabel 29. Kondisi optimum pematangan buah	94
Tabel 30. Klasifikasi level kerusakan pangan segar berdasar umur simpan	97
Tabel 31. Pengaruh pengendalian suhu terhadap umur simpan buah dan sayuran segar	99
Tabel 32. Kepekaan bahan hasil pertanian segar terhadap <i>chilling injury</i>	100
Tabel 33. Kelebihan dan Kelemahan CAS	103
Tabel 34. Rekomendasi <i>Controlled Atmosphere</i> untuk beberapa buah di China	104
Tabel 35. Perbedaan CAS dan MAS	106
Tabel 36. Klasifikasi dosis iradiasi berdasarkan tujuan	107
Tabel 37. Perbedaan masa simpan antara bahan segar yang disimpan suhu rendah dan tekanan rendah	108

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Contoh pangan segar asal tumbuhan yang dijual di pasar	2
Gambar 2.	<i>Post harvest loss</i> buah dan sayur akibat penanganan pasca panen yang tidak tepat	3
Gambar 3.	a) Alur rantai makanan yang menyumbang <i>food loss</i> dan <i>food waste</i> dan b) penyebab <i>food loss</i> selama pasca-panen	5
Gambar 4.	Kerusakan pascapanen pada buah dan sayur	11
Gambar 5.	Ilustrasi respirasi pada buah	15
Gambar 6.	Laju respirasi O ₂ dan CO ₂ jambu biji pada beragam suhu	17
Gambar 7.	Lintasan biosintesis etilen	18
Gambar 8.	Lintasan konversi sukrosa menjadi pati yang dikatalis	20
Gambar 9.	Mekanisme perubahan pektin selama pematangan yang berpengaruh dalam pematangan buah	21
Gambar 10.	Jalur degradasi klorofil	22
Gambar 11.	Perubahan kimia pada alpukat yang disimpan pada variasi suhu dan waktu, a) perubahan total gula; b) perubahan pigmen kulit buah; c) perubahan total asam tertitrasi	26
Gambar 12.	Fase perkembangan serta perubahan fisiologi dan biokimia buah tomat	31
Gambar 13.	Grafik hubungan antara pertumbuhan buah dengan laju respirasi dan produksi gas etilene	32
Gambar 14.	Indeks kematangan buah manggis secara visual berdasarkan warna kulit	38

Gambar 15. Alat refraktometer untuk menganalisa kadar gula	41
Gambar 16. Alat pnetrometer untuk menguji kekerasan buah	42
Gambar 17. Tenderometer untuk menguji kematangan kacang polong dengan alat presser tester	43
Gambar 18. Alat pencitraan berbasis NIR spectrometer untuk mengukur kematangan atau kadar gula buah	44
Gambar 19. Perbedaan cara panen cabai secara manual a) dengan tangan langsung, dan b) dengan bantuan pisau	45
Gambar 20. Alat panen berbasis mesin, a). padi; b) kentang; dan c) wortel	47
Gambar 21. Pengumpulan hasil panen buah naga yang baik a). menggunakan alas dan b) wadah yang sesuai	48
Gambar 22. Contoh kerusakan buah dan sayur akibat penyakit pasca panen	52
Gambar 23. Biji kacang hijau terserang hama gudang	54
Gambar 24. a) Pembersihan dengan mesin yang dilengkapi dengan sikat, dan b) Pencucian buah pisang dengan air yang diberi chlorin	69
Gambar 25. Kubis yang belum dilakukan pemangkasan daun terluar	70
Gambar 26. Contoh buah duku yang lecet yang harus disortasi	70
Gambar 27. Contoh proses a) perontokan dan b) pemipilan menggunakan mesin	72
Gambar 28. Proses pengeringan (a) secara manual dan (b) menggunakan alat pengering solar hybrid	74
Gambar 29. Contoh kemasan karton yang ideal untuk mengemas buah segar	77
Gambar 30. Keranjang bambu sebagai contoh kemasan alami	78
Gambar 31. Visualisasi (a) Mekanisme MAP dan (b) contoh kemasan MAP	79
Gambar 32. Contoh kemasan cerdas yang disertai dengan indikator kematangan berdasarkan warna kulit buah	81
Gambar 33. Metode curing a) curing di lahan dan b) curing ruangan	82
Gambar 34. Kenampakan umbi bawang merah hasil curing selama penyimpanan 6 minggu	83

Gambar 35. Mekanisme penyembuhan kulit umbi selama proses curing	84
Gambar 36. Penampakan buah jeruk yang dilapisi dengan lilin untuk mempertahankan mutu	85
Gambar 37. Perubahan warna kulit buah jeruk akibat <i>degreening</i> selama interbal waktu	88
Gambar 38. Ruang simpan buah dan sayur bersuhu dingin	99
Gambar 39. Tiga kelainan fisiologis yang terjadi pada buah persik dan nektarin setelah penyimpanan	101
Gambar 40. a. Bagan skematis peralatan pengendali komposisi atmosfer ketika penyimpanan dan b) Ruang CAS secara experimental di Belanda	105
Gambar 41. a) logo irradiasi dan b) Mangga yang diiradiasi	106
Gambar 42. Alat transportasi dalam pengangkutan buah dan sayur a) yang tidak sesuai dan b) yang sesuai	113

BAB

1

PENDAHULUAN

Pangan Segar

Pangan segar adalah pangan yang belum diolah dan dapat dikonsumsi langsung atau digunakan sebagai bahan dalam pengolahan pangan. Salah satu faktor yang harus dipertimbangkan dalam hal produk segar adalah cara menjaga tingkat kesegaran sejak panen hingga saat konsumen menerimanya. Pangan segar berdasarkan asal komoditasnya dikelompokkan menjadi 3 yaitu :

1. Pangan Segar Asal Tumbuhan (PSAT)

Pangan Segar Asal Tumbuhan yang disingkat PSAT adalah pangan asal tumbuhan yang dapat dikonsumsi secara langsung dan/atau yang dapat digunakan sebagai bahan baku pangan olahan yang mengalami pengolahan minimal meliputi pencucian, pengupasan, pendinginan, pembekuan, pemotongan, pengeringan, penggaraman, pencampuran, penggilingan, pencelupan (*blanching*), dan/atau proses lainnya tanpa penambahan bahan tambahan pangan kecuali pelapisan dengan bahan penolong lain yang diperbolehkan untuk memperpanjang umur simpan.

2. Pangan Segar Asal Hewan (PSAH)

Pangan Segar Asal Hewan yang disingkat dengan PSAH adalah pangan asal hewan yang belum mengalami pengolahan lebih lanjut selain pendinginan, pembekuan, pemanasan, dan pengasapan.

3. Pangan Segar Perikanan

Pangan Segar Hasil perikanan adalah ikan termasuk organisme perairan lainnya yang ditangani dan/atau diolah dan/atau dijadikan produk akhir yang berupa ikan segar, ikan beku, dan produk olahan ikan yang diasap, dikeringkan, difermentasi dengan atau tanpa garam.



Gambar 1. Contoh pangan segar asal tumbuhan yang dijual di pasar
(Sumber foto : a. <https://pangan-itp.blogspot.com/2017/02/definisi-pangan.html>
b. <https://www.primarasa.co.id/artikel-tanya-jawab/indonesia-surga-bahanmakanan-gluten-free-rempah>)

Pada buku ajar ini, penulis lebih memfokuskan pada pangan segar asal tumbuhan. Berdasarkan Badan Pangan Nasional, pangan segar asal tumbuhan diklasifikasikan menjadi 7 kategori diantaranya:

- Serealia;
- Umbi;
- Kacang-kacangan, polong-polongan, biji-bijian dan biji/buah berminyak;
- Sayur, termasuk jamur (*mushrooms*);

- e. Buah;
- f. Rempah; dan
- g. Bahan penyegar dan pemanis.

Post Harvest Loss

Terdapat banyak penyebab kehilangan pasca panen terutama dari kerugian fisik. Kerugian ini dapat terjadi akibat kerusakan mekanis atau kerusakan yang disebabkan oleh hama yang mengakibatkan kerusakan pada jaringan produk segar hingga ke tingkat yang tidak layak untuk disajikan, dikonsumsi segar, atau diolah. Kehilangan fisik juga dapat terjadi karena penguapan air antar sel, yang menyebabkan penurunan susut bobot secara langsung.



Gambar 2. *Post harvest loss* buah dan sayur akibat penanganan pasca panen yang tidak tepat.

(Sumber foto: <https://cherrubics.com/strategies-to-reduce-post-harvest-losses-for-fruits-and-vegetables/>)

Contoh bahan hasil pertanian dan faktor yang mempengaruhi *post harvest loss*. Secara garis besar, terdapat dua faktor yang memengaruhi hilangnya produk pangan pasca panen. Faktor primer diantaranya:

- **Kerugian mekanis** disebabkan oleh penanganan yang buruk dari tahap pemanenan hingga penyimpanan.
- **Aktivitas mikroba** disebabkan oleh mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan ragi, dll., yang mudah memengaruhi tanaman pangan yang mudah rusak seperti buah-buahan dan sayuran.
- **Faktor lingkungan** seperti suhu dan kelembaban adalah dua faktor penting yang terutama bertanggung jawab atas kerugian pasca panen.

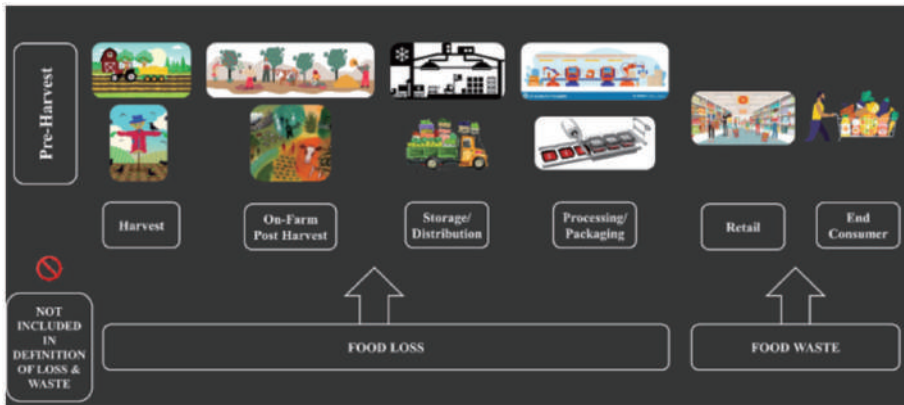
Sementara faktor sekunder yang mempengaruhi *post harvest loss* adalah:

- Metode pemanenan yang tidak memadai
- Pengeringan yang tidak tuntas sebelum perontokan
- Fasilitas penyimpanan yang tidak memadai
- Pengiriman yang lebih lama
- Periode distribusi yang lebih lama
- Kurangnya akses dan kebijakan pasar.

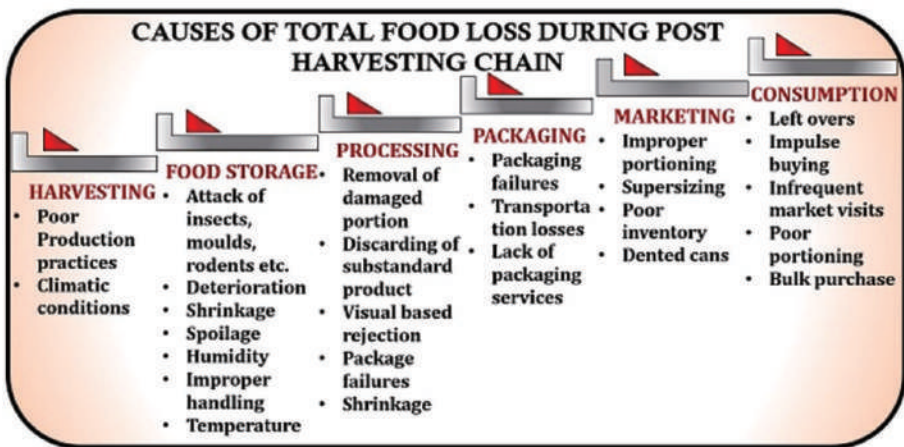
Peran Penanganan Pasca Panen yang tepat terhadap *Post Harvest Loss*

Pangan segar asal tumbuhan merupakan produk pertanian yang sering mengalami kerusakan pada saat dan setelah panen. Oleh karena itu, perlakuan pascapanen produk pertanian ditujukan untuk menjaga kesegarannya dan menghindari perubahan-perubahan yang tidak diinginkan selama penyimpanan, seperti pertumbuhan tunas, pertumbuhan akar, buah keriput, umbi berwarna hijau dan terlalu matang. Ketidaksesuaian selama dan setelah panen dapat menyebabkan "*food loss*", begitu juga dengan tahap distribusi dan pengemasan (ditunjukkan pada Gambar 3). Sistem penanganan pascapanen mencakup seluruh kegiatan mulai dari pemanenan di lapangan hingga pengiriman produk akhir ke konsumen. Namun dalam buku panduan ini, sistem penanganan pascapanen berfokus pada pembersihan, penyortiran, grading, pengondisian lapangan awal, dan penyimpanan.

a



b



Gambar 3. a) Alur rantai makanan yang menyumbang *food loss* dan *food waste* (Majeed & Waseem., 2022). dan b) penyebab *food loss* selama pasca panen

(Sumber foto: https://biologyreader.com/post-harvest-loss.html#google_vignette)

DAFTAR PUSTAKA

- Majeed, Y., & Waseem, M. (2022). Postharvest handling systems. In *Encyclopedia of smart agriculture technologies* (pp. 1-9). Cham: Springer International Publishing.
- Sudheer, K. P., & Indira, V. (2007). *Post harvest technology of horticultural crops* (Vol. 7). New India Publishing.

BAB 2

KARAKTERISTIK PANGAN SEGAR PASCAPANEN

Produk hasil pertanian setelah dipanen rentan terhadap penurunan mutu yang ditandai dengan pelayuan dan kerusakan yang cepat. Produk hasil pertanian merupakan struktur yang tetap hidup meskipun dipisahkan dari tanaman induknya, baik sebelum dan pasca panen. Hasil pasca panen tetap melakukan reaksi metabolisme dan masih mengalami sistem fisiologis sebagaimana saat masih melekat pada tanaman induknya. Reaksi-reaksi metabolisme ini akan mendorong kerusakan produk hasil pertanian dengan cepat. Berbagai penyebab kehilangan pangan pascapanen dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penyebab “*food loss*” pada pasca panen.

Penyebab	Keterangan
Biologis dan mikrobiologis	kerusakan oleh serangga, hama, hewan dan mikroorganisme (jamur dan bakteri).
Kimia dan biokimia	Reaksi yang tidak diinginkan antara senyawa kimia yang ada dalam pangan misal perubahan pigmen, perubahan zat nutrisi, perkecambahan
Mekanis	Kerusakan yang disebabkan pengangkutan, misal memar, hancur, tertusuk
Fisik	Kondisi lingkungan dan penyimpanan yang tidak tepat, misal <i>chilling injury</i>
Fisiologis	<ul style="list-style-type: none">- Respirasi (Semakin tinggi tingkat respirasi produk, semakin pendek umur simpannya)- Transpirasi (kelayuan karena dehidrasi)- Produksi Etilen (percepatan kematangan)

Sumber : Ramaswamy (2014).

Pangan segar secara alami termasuk produk pertanian yang mudah rusak (*perishable*). Kerugian pascapanen buah-buahan dan sayur-sayuran masih relatif tinggi, sedangkan menurut Kader (1985), kerugian pascapanen buah-buahan dan sayur-sayuran bisa mencapai 5 sampai 25% di negara maju dan 20 sampai 50% di negara berkembang.

A. Bahan Hasil Pertanian Mengandung Kadar Air yang Tinggi

Kerusakan fisik dan pembusukan produk pertanian pasca panen merupakan masalah umum yang dapat mengurangi kualitas dan memperpendek umur simpan produk. Kerusakan ini sangat dipengaruhi oleh kadar air. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan air yang memiliki pengaruh kuat terhadap laju pertumbuhan mikroorganisme pembusuk dan laju reaksi kimia/biokimia yang dapat menyebabkan pembusukan makanan. Berikut ini beberapa kandungan air pada produk pertanian. Berikut beberapa kadar air pada bahan hasil pertanian.

Tabel 2. Kadar air beberapa bahan hasil pertanian

No	Komoditas	Kadar air (%)
1	Bayam	86,90 ^a
2	Cabai merah	90,00 ^a
3	Kentang	77,80 ^a
4	Apel	84,10 ^a
5	Pepaya	86,70 ^a
6	Pisang raja	65,80 ^a
7.	Ubi jalar	56,58 ^b

Sumber :

a. Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan R.I. (1972).

b. Handayani, dkk. (2022).

b. Bahan Hasil Pertanian Masih Mengalami Proses Metabolisme

Setelah dipanen, bahan hasil pertanian masih mengalami proses metabolisme seperti respirasi dan transpirasi. Respirasi menghasilkan panas yang menyebabkan peningkatan panas pada bahan. Oleh karena itu proses pembusukan seperti dehidrasi, layu dan pertumbuhan mikroba akan meningkat akibat proses tersebut. Pembahasan terkait metabolisme pangan segar dibahas pada Bab 2.

Tabel 3. Contoh penyebab *postharvest losses* pada beberapa komoditas

Contoh	Penyebab <i>postharvest losses</i>	Contoh	Penyebab <i>postharvest losses</i>
Wortel	Kerusakan mekanis	Mentimun	<i>Over maturity</i> ketika pemanenan
Beet	Curing yang tidak tepat	Terong	Memar
Bawang merah	Pertunasan dan tumbuh akar	Paprika	Chilling injury
Bawang putih	<i>Water loss</i> (mengerut)	Okra	Pembusukan
Kentang	Pembusukan	Tomat	Memar
Ubi Jalar	<i>Chilling injury</i>	Melon	<i>Over ripening</i>
Lettuce	<i>Water loss</i> (pelayuan)	Lemon	<i>Water loss</i>
Bayam	Kerusakan mekanis	Pisang	<i>Chilling injury</i>
Kubis	Laju respirasi tinggi	Mangga	Perubahan kimiawi
Brokoli	Decolorisasi (menguning)	Apel	Pembusukan
Kembang kol	Pengguguran bunga	Anggur	Pembusukan

Sumber : Sudheer & Indira (2007)

Pemahaman tentang sifat produk yang dipanen dan efek praktik penanganan pasca panen sangat penting untuk memberikan solusi terbaik guna menjaga kondisi produk segar tetap optimal. Memang, ketika produk pertanian rusak setelah panen, maka akan berkontribusi terhadap kehilangan pangan/food loss. Oleh karena itu, menjadi hal penting untuk mengusahakan dalam mengurangi kerugian dan kerusakan sebelum, selama dan setelah panen/pasca panen. Permasalahan pascapanen, khususnya di negara-negara berkembang, belum mendapat perhatian sebanyak permasalahan itu sendiri, dan hal serupa juga terjadi di Indonesia. Berbagai penelitian, observasi dan survei yang dilakukan di beberapa negara maju menunjukkan bahwa kerugian dan kerusakan pasca panen berbagai bahan pangan hortikultura berkisar antara 20 hingga 40%, sedangkan untuk biji-bijian dan kacang-kacangan berkisar 25%.

Faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan bahan hasil pertanian yang dihasilkan adalah :

1. Faktor Biologis

- a. Laju pernapasan
- b. Produksi etilen
- c. Perubahan komposisi
- d. Pertumbuhan dan perkembangan
- e. Transpirasi
- f. Gangguan fisiologis
- g. Kerusakan fisik
- h. Kerusakan patologis
- i. Luas permukaan terhadap volume
- j. Permeabilitas membran.

2. Faktor Lingkungan

- a. Suhu
- b. Kelembapan relatif
- c. Komposisi gas atmosfer
- d. Etilen
- e. Ringan
- f. Faktor lainnya.



Gambar 4. Kerusakan pasca panen pada buah dan sayur. a) Transpirasi (penguapan) cepat sehingga sayuran mudah layu; b) kerusakan mekanis pada saat pemanenan buah semangka; c) tumbuhnya jamur pada buah jeruk; dan d) *chilling injury* pada buah pisang

Sumber foto :

- <https://depositphotos.com/id/photo/damaged-overripe-watermelon-fruit-plants-field-clear-blue-sky-492219526.html>
- <https://depositphotos.com/id/photo/damaged-overripe-watermelon-fruit-plants-field-clear-blue-sky-492219526.html>
- https://id.pngtree.com/freebackground/damaged-tangerine-fruits-spoil-mould-green-photo_2980347.html
- <https://gizifpok.upi.edu/2023/10/28/mari-kenali-kerusakan-pangan-chilling-injuries/>

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan R.I. (1972). Daftar Komposisi Bahan Makanan. Jakarta: Bharata.
- Handayani, D., Nurwantoro, N., & Pramono, Y. B. (2022). Karakteristik Kadar Air, Kadar Serat dan Rasa Beras Analog Ubi Jalar Putih dengan Penambahan Tepung Labu Kuning. *Jurnal Teknologi Pangan*, 6(2), 14-18.
- Kader, A. A., Kasmire, R. F., Mitchell, F. G., Reid, M. S., Sommer, N. F., & Thompson, J. F. (1985). Postharvest technology of horticultural crops. University of California, USA.
- Ramaswamy, H. S. (2014). *Post-harvest technologies of fruits & vegetables*. DEStech Publications, Inc.
- Sudheer, K. P., & Indira, V. (2007). *Post harvest technology of horticultural crops* (Vol. 7). New India Publishing.

LATIHAN SOAL

1. Sebutkan karakteristik bahan segar pasca panen!
2. Kenapa bahan dengan kadar air tinggi lebih mudah untuk mengalami kerusakan?
3. Sebutkan 3 contoh kerusakan pasca panen bahan hasil pertanian disertai penyebabnya!

BAB 3

FISIOLOGI PASCAPANEN

Fisiologi tumbuhan adalah ilmu yang mempelajari bagaimana bagian-bagian tumbuhan, mulai dari organel hingga jaringan, berfungsi dalam kaitannya dengan pertumbuhan, perkembangan, dan reaksi terhadap perubahan lingkungan. Fisiologi pasca panen mempelajari metabolisme setelah panen. Proses ini menyebabkan perubahan fisik, kimia, dan biologis yang menyebabkan pemburukan (pembusukan). Proses tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada produk itu sendiri jika tidak dikontrol. Metode teknologi pascapanen, yang menjaga kualitas bahan, dapat mencegah kerusakan tersebut. Hasil pertanian dapat mempertahankan diri ketika kondisi lingkungan berubah karena penanganan pascapanen memberikan kondisi terbaik.

A. Transpirasi

Transpirasi, juga disebut penguapan, adalah pelepasan uap air atau gas dari jaringan bahan pertanian ke lingkungan sekitar karena kandungan air bahan pertanian lebih tinggi daripada lingkungan sekitar. Tujuan transpirasi adalah untuk menjaga suhu tetap stabil selama proses pendinginan. Kecepatan transpirasi pada bahan pertanian ditentukan oleh beberapa faktor yang tertera pada Tabel 4. Transpirasi berdampak pada kualitas bahan pertanian sebagai berikut:

1. Bahan pertanian mengalami susut berat
2. Bahan pertanian mengalami penurunan tekstur karena jumlah air dalam bahan menurun, sehingga kualitas produk jadi menjadi kurang menarik.

3. Transpirasi menyebabkan penurunan kandungan vitamin C dalam bahan pertanian
4. Produk bahan pertanian menjadi lebih layu dan kurang menarik.

Tabel 4. Faktor yang mempengaruhi kecepatan transpirasi

No.	Faktor	Keterangan
1.	Luas permukaan (a)	Semakin luas permukaan bahan pertanian, maka proses penguapan akan semakin cepat.
2.	Ketebalan kulit (a)	Semakin tebal kulit, maka semakin lambat proses transpirasi pada bahan pertanian.
3.	Lapisan lilin (b)	Bahan pertanian yang memiliki lapisan lilin lebih lambat terjadi proses transpirasi dibandingkan bahan pertanian yang tidak memiliki lapisan lilin.

Sumber : a. Sudheer & Indira (2007). b. Salisbury dan Ross. 1995.

Beberapa cara untuk mencegah kerusakan produk bahan pangan karena laju transpirasi diantaranya dengan meningkatkan kelembaban relatif, menurunkan suhu udara dalam penyimpanan, menurunkan kecepatan udara, dan menggunakan pengemasan yang melindungi bahan pangan dari suhu tinggi adalah. Sementara terdapat empat cara berbeda yang dapat digunakan untuk mengukur laju transpirasi di laboratorium, menurut Silaen (2021):

1. Kertas Korbak Klorida

Pada dasarnya, metode ini menggunakan kertas kobal klorida kering daripada mengukur uap air yang hilang ke udara. Setelah awalnya berwarna biru cerah, kertas ini menjadi biru pucat dan kemudian menyerap air dan berubah menjadi merah jambu. Sehelai kertas biru yang terang ditempelkan pada permukaan daun dan gelas preparat digunakan untuk menutupnya. Demikian juga dengan bagian bawah daun. Lama waktu yang dibutuhkan kertas untuk berwarna biru menjadi merah jambu dihitung sebagai jumlah air yang hilang dari bagian daun yang tertutup kertas.

2. Potometer

Alat ini menghitung jumlah air yang diambil dengan menggunakan potongan pucuk, dengan asumsi bahwa jika air tersedia untuk tumbuhan secara bebas, jumlah air yang diambil sama dengan jumlah air yang dikeluarkan oleh transpirasi.

3. Pengumpulan uap air yang ditranspirasi

Dalam metode ini, tumbuhan atau bagian dari tumbuhan harus disimpan dalam bejana tembus cahaya agar uap air yang ditranspirasikan dapat dipisahkan.

4. Penimbangan langsung

Pengukuran transpirasi yang paling akurat diperoleh dari tumbuhan yang tumbuh dalam pot yang telah diatur sehingga permukaan tanah dan pot tidak berevaporasi. Penimbangan langsung dapat digunakan untuk menghitung jumlah air yang hilang dari tumbuhan ini dalam jangka waktu tertentu.

B. Respirasi

Respirasi adalah proses pemecahan bahan organik dari hasil pertanian, seperti karbohidrat, protein, dan lemak, menjadi bahan lebih sederhana dengan melepaskan energi (panas), di mana O_2 digunakan dan CO_2 dilepaskan. Setelah panen, laju respirasi menentukan daya tahan menuju proses kebusukan bahan pertanian, sehingga proses kebusukan atau daya simpan setiap produk bahan pangan berbeda karena perbedaan laju respirasi bahan pertanian. Dengan demikian, proses respirasi yang berjalan dengan cepat akan mempercepat proses kebusukan bahan pertanian.



Gambar 5. Ilustrasi respirasi pada buah

Sumber foto : <https://www.slideshare.net/slideshow/3-respirasi/37140241>

Respirasi sangat memengaruhi perubahan biokimia dan kualitas buah-buahan; misalnya, karena oksidasi sukrosa yang sangat cepat yang terjadi setelah kapri dipanen, derajat kemanisan buah tersebut turun. Salah satu indeks yang digunakan untuk menentukan berapa lama buah-buahan dapat disimpan setelah dipanen adalah laju

respirasi. Perbedaan laju respirasi ini yang menyebabkan adanya klasifikasi klimaterik dan non klimaterik, yang dibahas pada Bab 4. Faktor-faktor yang bertanggung jawab terhadap transpirasi diantaranya:

1. Suhu
2. RH (Kelembaban Relatif)
3. Komposisi gas di lingkungan dan di dalam sel
4. Kadar air jaringan
5. Terluka atau cedera
6. Jenis bagian tumbuhan
7. Tahap perkembangan jaringan
8. Luas permukaan terhadap volume produk
9. Perlakuan sebelum panen dan metode pasca panen yang diterapkan
10. Komposisi kimiawi jaringan
11. Ukuran produk
12. Adanya lapisan alami pada permukaan.

Tabel 5. Klasifikasi komoditas berdasar laju respirasi

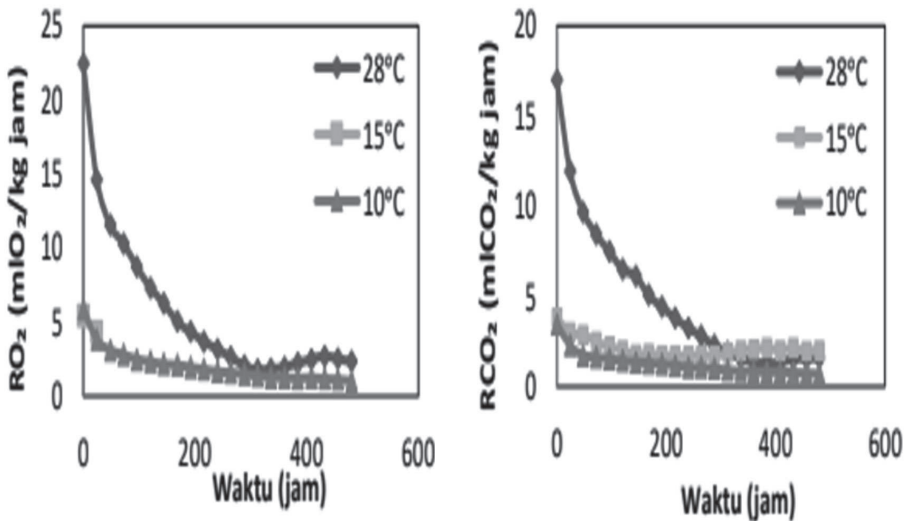
Kelas	Laju respirasi pada suhu 5°C (mgCO ₂ kg ⁻¹ jam ⁻¹)	Contoh
Sangat rendah	<5	Kurma, buah dan sayur kering, kacang-kacangan
Rendah	5-10	Apel, bit, celery, jeruk, anggur, bawang putih, bawang merah, kiwi, pepaya, nanas, kentang (matang), semangka, ubi jalar
Moderat	10-20	Aprikot, pisang, kubis, wortel, ceri, lettuce (kepala), mangga, peach, pear, plum, kentang (belum matang)
Tinggi	20-40	Alpukat, wortel, kembang kol, rasberi
Sangat tinggi	40-60	Artichoke, tauge, brokoli, okra, green onion
Sangat amat tinggi	>60	Asparagus, jamur, parsley, bayam, kacang polong, jagung manis

Sumber : Sudheer & Indira (2007).

Produksi CO₂ menentukan laju respirasi. Menurut Hasbullah (2008), metode pengukuran yang digunakan adalah metode tanpa udara masuk dan keluar. Ini lebih dikenal sebagai metode sistem tertutup/closed system (Hasbullah, 2007). Bahan pertanian dimasukkan ke dalam wadah toples, yang ditutup dengan dua pipa plastik fleksibel untuk disambungkan ke alat pengukur produksi CO₂. Continuous Gas Analyzer digunakan untuk mengukur konsentrasi CO₂ dengan mengumpulkan data setiap beberapa jam hingga puncak produksi CO₂. Laju respirasi dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$CO = \frac{V \, dx}{W \, dt} \dots\dots\dots (1)$$

- R_{CO₂} = laju produksi CO₂ (ml/kg jam)
 - V = volume bebas chamber (ml)
 - W = berat pisang (kg)
 - dx = perbedaan konsentrasi gas (desimal)
 - dt = Interval waktu pengambilan data (jam)
- (Rahman & Faisal., 2023).



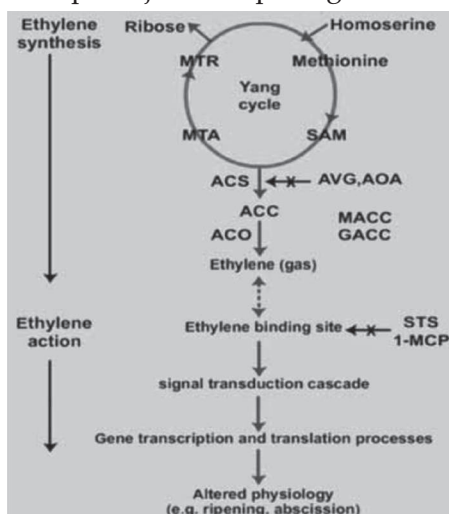
Gambar 6. Laju respirasi O₂ dan CO₂ jambu biji pada beragam suhu (Rahayu, dkk, 2021).

Faktor internal dan eksternal memengaruhi laju respirasi secara keseluruhan. Faktor internal termasuk tingkat perkembangan organ, susunan kimia jaringan, ukuran produk, adanya pelapisan alami, dan jenis jaringan. Faktor eksternal termasuk suhu, penggunaan etilen, kurangnya oksigen dan karbondioksida, senyawa pengatur pertumbuhan, dan luka pada buah (Pantastico, 2011). Sebagai contoh, laju respirasi buah jambu biji meningkat lebih cepat ketika disimpan pada suhu ruang daripada suhu dingin (Gambar 6). Ini karena penurunan oksigen dan peningkatan CO₂ semakin lambat ketika suhu disimpan rendah.

C. Produksi Etilen

Etilen, senyawa organik, memiliki fungsi hormonal untuk mempercepat pertumbuhan, perkembangan, dan kelayuan. Produksi etilen dapat mempercepat kelayuan dan pembusukan. Hormon ini bertanggung jawab atas proses pematangan buah selama fase klimaterik. Sementara pembahasan klimaterik dan non klimaterik dibahas pada bab 4.

Etilen berasal dari asam amino dan metonin. Metionin diubah menjadi asam 1- aminocyclopropane-1- karboksilat (ACC), ACC dikonversi menjadi etilen oleh ACC oksidase atau ACO. Siklus pembentukan etilen dapat dijelaskan pada gambar 7.



Gambar 7. Lintasan biosintesis etilen (Sudheer & Indira., 2007; Dolan, 1997)

SAM = S-adenosilmethionine;

ACC = 1-amino cyclopropane 1-carboxylic acid;

EFE = ethylene forming enzyme

Metode yang dijelaskan pada laju respirasi dapat digunakan untuk mengetahui kadar etilen. Untuk mengetahui konsentrasi etilen, kromatografi gas digunakan. Etilen meningkatkan permeabilitas membran sel, memperbesar permeabilitas sel, dan meningkatkan proses pelunakan, yang mempercepat metabolisme respirasi. Sehingga etilen akan mempercepat tahap kelayuan produk bahan pertanian. Oleh karena itu, penyimpanan bahan pertanian dengan suhu rendah, oksigen rendah, dan karbondioksida yang tinggi dapat menghambat produksi etilen yang cepat. Penjelasan tentang penyimpanan dibahas pada bab 8.

Tabel 6. Klasifikasi laju produksi etilen beserta contoh komoditas

Klasifikasi	Laju produksi etilen pada suhu 20 °C ($\mu \text{C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ jam}^{-1}$)	Contoh
Sangat rendah	< 0,1	Artichoke, asparagus, kembang kol, ceri, citrus, anggur, sayur berdaun, delima, kentang, umbi-umbian, strawberi
Rendah	0,1 – 1	Cabai, mentimun, okra, nanas, labu, semangka
Moderat	1-10	Pisang, jambu, melon, mangga, tomat, tin
Tinggi	10-100	Apel, aprikot, alpukat, kiwi, pepaya, peach, plum, pear
Sangat tinggi	>100	Markisa, sawo

Sumber : Sudheer & Indira (2007).

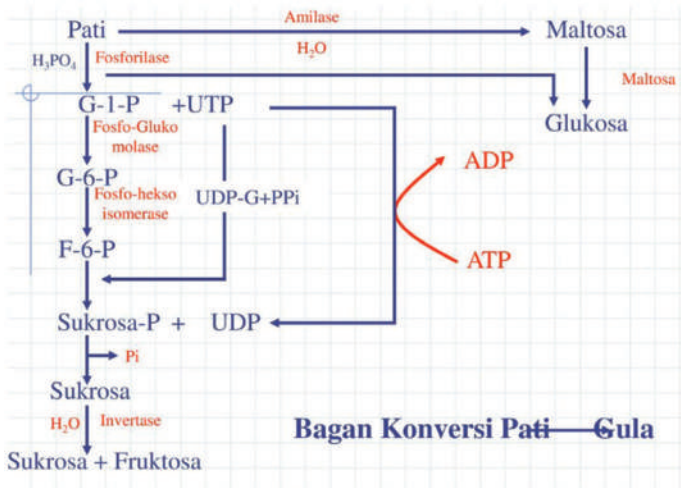
D. Perubahan Komposisi Kimiawi

Komposisi kimiawi bahan pertanian pascapanen akan mengalami perubahan tergantung dari jenis bahan pertaniannya. Beberapa contoh perubahan adalah perubahan karbohidrat, pigmen, asam organik, dan fenol, yang digambarkan pada gambar 8.

1. Penguraian Karbohidrat

- Penguraian Pati

Perubahan pati menjadi gula membuat rasa manis, terutama pada buah klimaterik yang tinggi pati seperti pisang. Buah non-klimaterik juga mengalami perubahan ini.



Gambar 8. Lintasan konversi sukrosa menjadi pati yang dikatalis oleh enzim pati-glukosiltransferase

(Sumber : <https://slideplayer.info/slide/11899628/>)

ADP = Adenosin difosfat

ATP = Adenosin trifosfat

UDP = Uridin difosfat

UDPG = Uridin difosphoglucose

UTP = Uridn trifosfat

Pi = Pa= Inorganic phosphate = fosfat anorganik

- Pembentukan Pektat

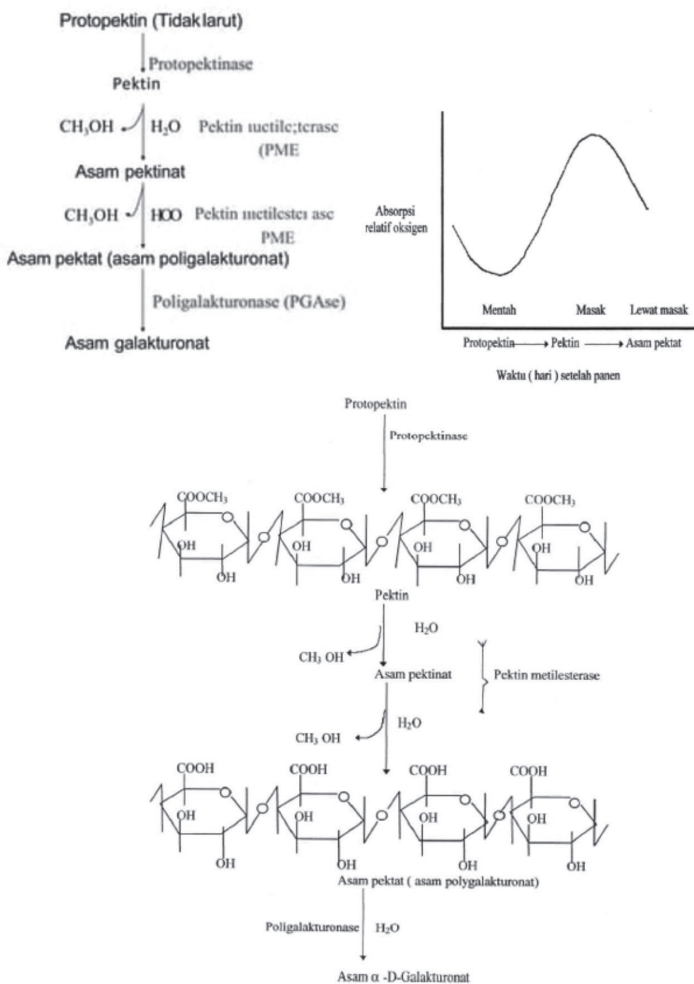
Sebagai prekursor pektin yang tidak larut dalam air, protopektin ditemukan pada jaringan tanaman dan buah-buahan yang masih muda dan dihidrolisis oleh enzim protopektinase selama proses pematangan buah. Dinding sel menjadi lebih lemah dan gaya kohesi yang mengikat sel berkurang sebagai akibat dari penguraian ini. Akibatnya, tekstur buah menjadi lunak, dan ketika buah menjadi terlalu matang, jaringan pecah, yang berarti tekstur menjadi lembek atau bonyok.

2. Perubahan Protein

Bahan hasil pertanian kecuali kacang-kacangan biasanya memiliki kadar protein yang sangat rendah. Sebagai contoh, buah apel hanya mengandung 0,14% protein (Gazali dan Munawaroh, 2017), sementara pada ubi jalar mengandung sekitar 2,47% (Faizah dan Haryanti, 2020). Perubahan protein selama pascapanen tidak terlalu berpengaruh.

3. Perubahan Lemak

Kandungan lemak pada buah dan sayur-sayuran adalah rendah kecuali pada buah alpukat dan kacang-kacangan. Lemak pada bahan hasil pertanian mempunyai peran penting dalam mempertahankan tekstur, bau, warna, dan lain-lainnya. Perubahan lemak selama pascapanen tidak terlalu berpengaruh. Hal ini pula yang terjadi pada penelitian Faizah dan Haryanti (2020) yang menunjukkan tidak terdapat pengaruh nyata tempat penyimpanan di dalam kardus dan di lantai terhadap kadar lemak kasar umbi jalar Var. Manohara.

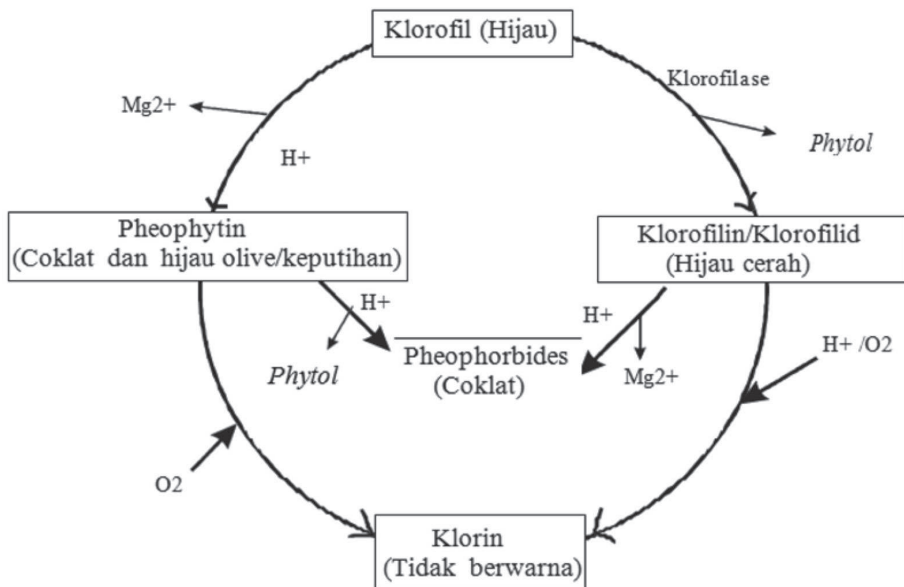


Gambar 9. Mekanisme perubahan pektin selama pematangan yang berpengaruh dalam pematangan buah (Eskin, 1971)

4. Perubahan Pigmen

- Klorofil

Warna hijau sering digunakan sebagai indikator kesegaran sayuran (kecuali kentang, wortel, dan tomat). Setelah panen, klorofil rusak, yang menyebabkan warna lain seperti kuning hingga merah. Degradasi pigmen klorofil dapat disebabkan oleh perubahan pH, oksidasi, dan aktivitas enzim klorofilase, yang dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Jalur degradasi klorofil

(Sumber : https://www.researchgate.net/figure/Gambar-6-Lintasan-proses-degradasi-klorofil-Santoso-dan-Nursandi-2004_fig2_326364892)

- Karotenoid

Pigmen karotenoid, yang berwarna kuning hingga merah, muncul setelah klorofil yang menutupi buah atau sayuran hijau terdegradasi.

- Antosianin

Pigmen antosianin, yang berwarna merah sampai ungu kebiruan, sering menutupi pigmen klorofil. Secara umum, buah-buahan yang memiliki pigmen antosianin tidak kehilangan antosianiannya setelah dipanen.

5. Penurunan Asam Organik

Selama proses pematangan, kandungan asam organik pada buah-buahan klimaterik akan menurun, sementara kandungan gula akan meningkat. Selama tahap pertumbuhan dan perkembangan, asam organik biasanya mencapai tingkat tertinggi mereka. Kemudian, selama tahap pematangan dan penyimpanan, tingkat tersebut akan turun. Beberapa jenis asam organik ada pada buah dan sayur, seperti asam sitrat pada jeruk, nanas, strawberry, pisang, tomat, dan pir; asam malat pada pir, bunga kol, kacang panjang, seledri, dan wortel; dan asam tartarat pada anggur.

Tabel 7. Asam-asam organik dan sumber terdapat pada buah-buahan

No	Jenis Asam	Sifat dan sumber
1	Asam Monokarboksilat Alifatis	
	Asam Formiat	Volatil, konsentrasi rendah tersebar secara luas; pada buah anggur
	Asam Asetat	Volatil, konsentrasi rendah tersebar secara luas; pada buah anggur
	Asam Butirat	Sebagian dalam bentuk volatil pada buah anggur
	Asam Parasorbat	Pada buah sorbus
	Asam Dioksigulonat	Tersebar secara luas
2	Asam Monokarboksilat alifatis berikatan dengan gugus alkohol, keton, dan aldehid	
	a. Berikatan dengan alkohol	
	Asam glikolat	Umum dalam konsentrasi rendah, pada buah anggur, apel dan pear yang belum matang
	Asam laktat	
	Asam gliserat	Buah anggur
	Asam mevalonat	
	b. berikatan dengan keton	
	Asam piruvat	Terdapat dalam konsentrasi rendah
	c. berikatan dengan aldehid	
	Asam glioksilat	Terdapat pada buah anggur dan apel mentah

No	Jenis Asam	Sifat dan sumber
3	Asam-asam alifatis di dan tri karboksilat	
	Asam oksalat	Pada pisang sebagai garam terlarut, dapat dalam bentuk asam oksalat tidak terlarut pada beberapa macam buah mentah
	Asam suksinat	Terdapat dalam jumlah sedikit pada buah-buahan
	Asam fumarat	Terdapat pada buah apel
	L-asam malat	Sangat umum terdapat pada buah apel, pisang, dan pear
	D-asama tartarat	Pada buah asam, buah anggur, dan kdang terdapat pada buah apel
	Asam sitramalat	Terdapat pada beberapa jenis jeruk
	Asam sitrat	Sangat umum terdapat pada buah-buahan
	Asam isositrat	Terdapat dalam jumlah yang sedikit
	Asam oksaloasetat	Dalam jumlah sedikit tetapi umum terdapat pada buah-buahan
4	Asam-asam yang berasal dari gula	
	Asam sakarat	Pada nanas
	Asam galakturonat	Pada buah pear, peach, apricot, apel
	Asam glukoranat	Pada plum dan apel
5	Asam-asam karboksilis monokarboksilat	
	a. Asam-asam aromatis	
	Asam benzoat	Pada buah vaccinium
	Asam salisilat	Pada buah ribes, fragaria, rubus
	Asam α -kumarat	Pada apel, peach, plum dan cherri
	Asam kafeat	Pada apel, peach, plum dan cherri
	Asam klorogenat	Pada apel, peach, plum dan cherri
	b. asam-asam alisiklis	
	Asam quinat	Pada apricot, peach, pisang, pear
	Asam shikimat	Pada buah apel, pear, strawberri, dan pisang

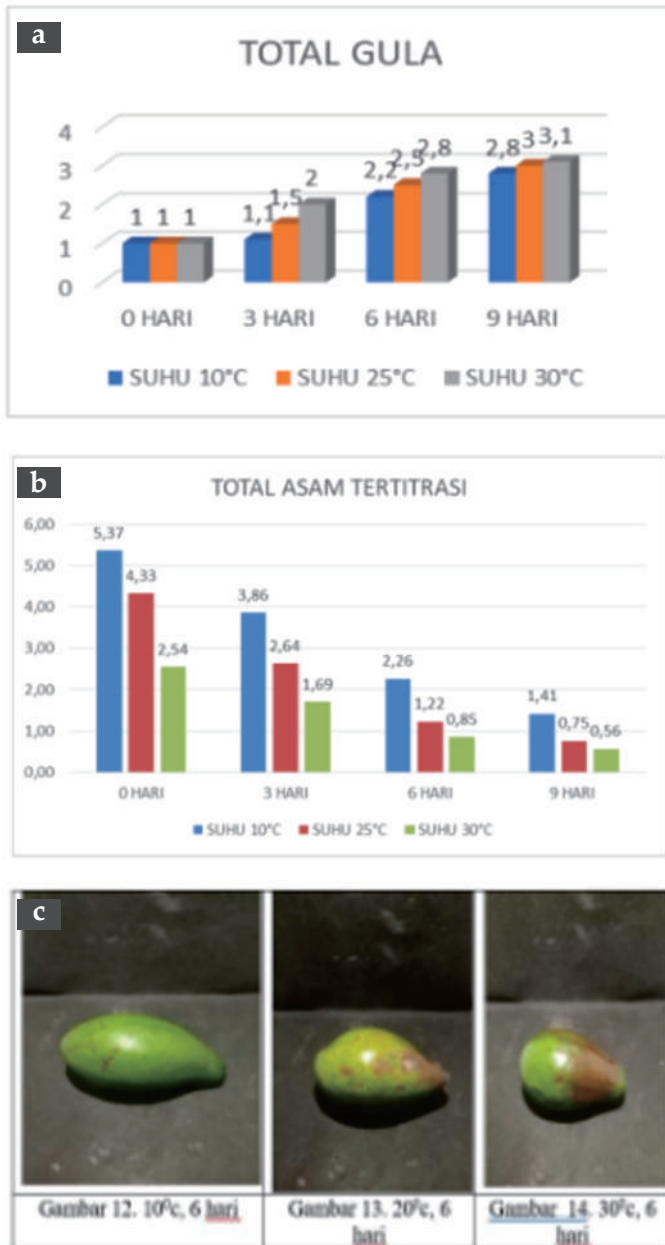
Sumber : Hulme (1971)

6. Oksidasi Fenol

Fenol merupakan senyawa yang hanya memiliki satu gugus hidroksil pada penyusunnya. Senyawa metabolit sekunder fenol berasal dari pentosa fosfat, shikimate, dan fenilpropanoid yang ditemukan pada tanaman (Randhir *et al.*, 2004). Karena reaksi oksidasi enzimatis yang dilakukan oleh enzim polifenol oksidase, senyawa ini berpartisipasi dalam proses browning, atau pencoklatan.

7. Pembentukan Senyawa Aromatik

Buah akan memiliki aroma yang khas. Hal ini biasanya terkait dengan zat rasa, yaitu peningkatan zat atsiri yang membuat buah memiliki aroma yang unik selama proses pematangan. Berbagai faktor, seperti spesies mangga, kultivar, lokasi, pengolahan, penyimpanan, dan kondisi pemasakan, dapat memengaruhi senyawa aroma yang tidak stabil. Komponen yang menyusun aroma buah termasuk amil asetat, iso-amil asetat, amil propionat, heksil asetat, amil butirat, pentanol, metil asetat, butil alkohol, amil alkohol, dan heksil alkohol. Menurut Macku, & Jennings (1987) selama pematangan buah pisang ditemukan 17 macam senyawa mudah menguap yakni 6 ester asetat, 5 ester butirat, 4 alkohol, 1 keton, dan 1 ester isovalerat. Sementara (Lalel, *et al.* (2003), pada buah mangga matang teridentifikasi senyawa aromatik utama diantaranya karbonil, ester, alkohol, terpen dan lakton.



Gambar 11. Perubahan kimia pada alpukat yang disimpan pada variasi suhu dan waktu, a) perubahan total gula; b) perubahan total asam tertitrasi; c) perubahan pigmen kulit buah (Dahlan, dkk., 2024).

Secara keseluruhan perubahan kimiawi pada pangan segar pasca panen dapat disimpulkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Perubahan kimiawi pasca panen pada bahan segar

Kenaikan	Penurunan
CO ₂	Pati
C ₂ H ₄	Klorofil
Pigmen (selain klorofil)	Vitamin C
Aktivitas poligalakturonase	Kadar air
Keasaman	
pH	
Gula	
Asam organik	
Aroma	
Serat	

Sumber : Sudheer & Indira (2007)

DAFTAR PUSTAKA

- Dahlan, S. A., Kasim, R., Liputo, S. A., Mutsyahidan, A. M. A., Kolopita, B. A., Budjang, F., ... & Yasin, M. T. (2024). Pengaruh Suhu dan Lama Penyimpanan Terhadap Perubahan Kimia Buah Alpukat Pasca Panen. *Jambura Journal of Food Technology*, 6(1), 156-171.)
- Dolan, Liam. 1997. The Role of ethylene in the development of plant form. *Journal of Experimental Botany*
- Eskin, N. M., & Shahidi, F. (2012). *Biochemistry of foods* Third edition. Academic Press
- Faizah, N. I., & Haryanti, S. (2020). Pengaruh lama dan tempat penyimpanan yang berbeda terhadap kandungan gizi umbi jalar (*Ipomoea batatas*) var. Manohara. *Jurnal Akademika Biologi*, 9(2), 8-14.
- Gazali, A., & Munawwaroh, A. (2017). Pemanfaatan buah apel (*Malus sylvestris* Mill.) lewat matang sebagai substrat nata de apple. *Jurnal Biota*, 3(2), 60-65.

- Hasbullah R. 2008. Teknik pengukuran laju respirasi produk hortikultura pada kondisi atmosfer terkendali. *J Keteknikan Pertanian* 22(1):63-68.
- Hulme, A.C.. 1971. The Biochemistry of Fruits and Their Products. Vol. 1 and Vol. 2. Academic Press, London and New York
- Macku, C., & Jennings, W. G. (1987). Production of volatiles by ripening bananas. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 35(5), 845-848)
- Lalel, H. J., Singh, Z., & Tan, S. C. (2003). Aroma volatiles production during fruit ripening of 'Kensington Pride' mango. *Postharvest Biology and Technology*, 27(3), 323-336,
- Pantastico, 2011. Teknologi Buah dan Sayur. Bandung: Penerbit Alumni
- Rahayu, D., Bintoro, N., & Saputro, A. D. (2021). Pemodelan laju respirasi buah klimakterik selama penyimpanan pada suhu yang bervariasi. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 15(1), 80-91.)
- Rahman, A. F., & Faisal, M. (2023). Pendugaan laju respirasi pisang barangan menggunakan model arrhenius. *Jurnal Agrotek Ummat*, 10(1), 20-29
- Randhir, R., Lin, Y. T., Shetty, K., & Lin, Y. T. (2004). Phenolics, their antioxidant and antimicrobial activity in dark germinated fenugreek sprouts in response to peptide and phytochemical elicitors. *Asia Pacific journal of clinical nutrition*, 13(3).
- Salisbury, F. B. dan Ross, C.W. 1995. Fisiologi Tumbuhan Jilid 1. Bandung: Penerbit: ITB.
- Silaen, S. (2021). Pengaruh transpirasi tumbuhan dan komponen didalamnya. *Agroprimatech*, 5(2), 14-20.)
- Sudheer, K. P., & Indira, V. (2007). *Post harvest technology of horticultural crops* (Vol. 7). New India Publishing

LATIHAN SOAL

1. Apa perbedaan yang terlihat pada bahan segar akibat transpirasi dan respirasi?
2. Buah alpukat merupakan kategori buah dengan laju produksi yang tinggi. Bagaimana cara mengendalikan laju etilennya?
3. Pada buah mangga yang dipanen ketika sudah matang, jelaskan perubahan kimia yang terjadi!

BAB 4

KLIMATERIK DAN NON KLIMATERIK

Pada proses pematangan buah dikenal istilah buah klimaterik dan buah non klimaterik. Oleh karena itu, pemahaman tentang proses pertumbuhan buah perlu dipelajari terlebih dahulu.

A. Tahapan Pertumbuhan Buah

Secara garis besar, terdapat empat tahapan pertumbuhan buah yakni:

1. *Cell Division/ Pembelahan Sel*

Pertumbuhan buah dimulai dengan fase lambat yang berkaitan dengan pembelahan sel. Pada fase ini, jumlah sel meningkat, sedangkan perubahan pada ukuran dan berat buah tidak signifikan. Jumlah sel dalam buah dihitung setelah selesainya proses pembelahan sel. Periode pembelahan sel dan kontribusinya terhadap pertumbuhan buah secara keseluruhan tidak seragam di antara spesies buah (Carini *et al.*, 2001). Pembelahan sel pada buah apel selesai sekitar empat hingga lima minggu setelah mekar dan menyumbang sekitar 20% dari periode pertumbuhan buah secara keseluruhan. Pembelahan sel pada buah pir biasanya berlanjut selama tujuh hingga sembilan minggu setelah mekar dan menyumbang 45% dari periode pertumbuhan secara keseluruhan (Toumadje dan Richardson, 1998). Saat stroberi panen, pembelahan sel berlanjut.

2. *Cell Enlargement/ Pembesaran Sel*

Setelah selesainya pembelahan sel, buah memasuki fase pertumbuhan cepat, di mana ukuran sel individu dan ruang udara

antar sel mulai meningkat. Saat mekar, ruang udara antar sel sama sekali tidak ada atau sangat kecil. Ruang udara dalam sel meningkat secara maksimal seiring dengan pembesarnya. Vakuola sebuah sel menjadi lebih besar dan akhirnya menampung sebagian besar volumenya saat membesar. Selama tahap pembesaran sel, pigmen dapat terbentuk dan terakumulasi dalam vakuola pada sel epidermis. Getah sel dalam vakuola terutama terdiri dari air dan gula bersama dengan sejumlah kecil asam organik dan senyawa lainnya.

3. *Maturation/Pendewasaan*

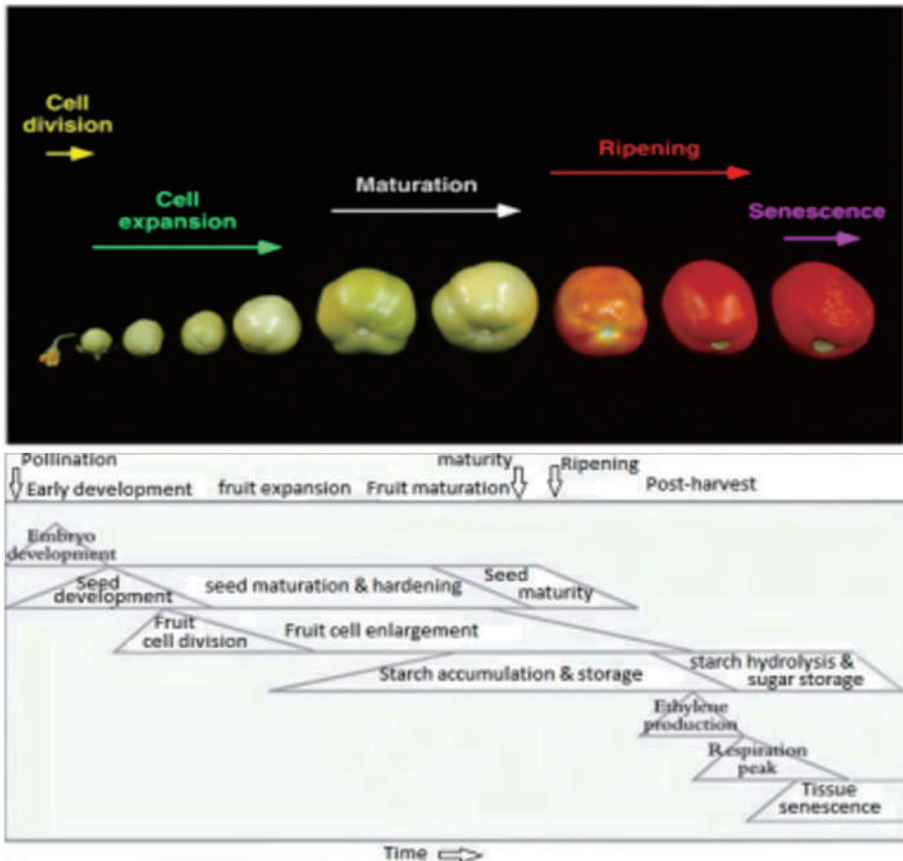
Kelezatan buah ditingkatkan oleh perubahan morfologis dan fisiologis selama pertumbuhan menuju panen. Ketika buah mencapai kedewasaan penuh, ukuran dan beratnya meningkat secara signifikan, dan laju pertumbuhannya berhenti. Setelah dipanen, buah yang dewasa sepenuhnya dapat melanjutkan perkembangan normal dan “matang/*ripening*” atau meningkatkan kelezatannya. Namun, pertumbuhan kedewasaan hanya dapat terjadi saat buah masih menempel pada tanaman.

4. *Ripening/Pematangan*

Pematangan adalah proses fisiologis dan biokimia yang terjadi pada buah untuk mencapai warna, rasa, aroma, rasa manis, tekstur, dan kualitas makan yang diinginkan. Sebagian besar, proses pematangan tidak terjadi sampai buah mencapai kematangan penuh. Pematangan buah dapat terjadi pada tanaman atau setelah panen, tergantung pada spesiesnya. Jika buah apel atau mangga telah matang sepenuhnya di pohon, mereka akan tetap matang (Bender *et al.*, 2000), tetapi buah pir dan pisang Eropa tidak akan matang dengan enak di pohon, dan mereka dipanen secara komersial pada saat matang penuh, setelah itu mereka harus matang untuk kualitas yang dapat diterima.

5. *Senescence/Penuaan*

Buah mulai rusak dan membusuk ketika mencapai kematangan maksimum. Penuaan adalah fase ontogeni terakhir buah, bukan proses pemecahan sederhana. Pada fase ini, serangkaian peristiwa fisiologis dan biokimia biasanya tidak dapat diperbaiki dimulai, yang mengakibatkan kerusakan sel dan kematian buah (Sacher 1973).

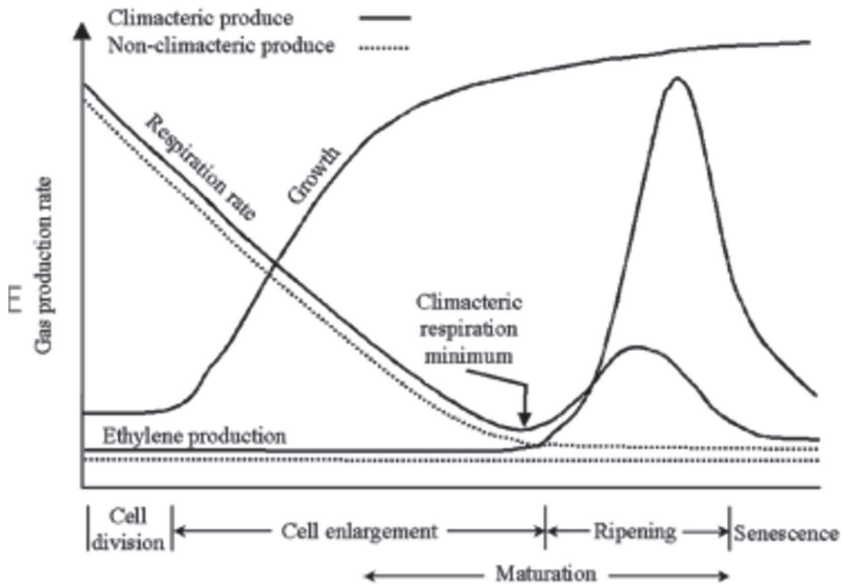


Gambar 12. Fase perkembangan serta perubahan fisiologi dan biokimia buah tomat (Atwell, *et al.*, 1999)

B. Buah Klimaterik dan Non Klimaterik

Pada buah, klasifikasi klimaterik dan nonklimaterik didasarkan pada laju respirasi dan produksi etilen. Tabel 9 menunjukkan perbedaan antara buah klimaterik dan nonklimaterik. Banyak perubahan terjadi selama fase klimakterik kehidupan buah. Klimakterik adalah ketika buah menjadi matang dan ada peningkatan proses respirasi di dalamnya. Selain itu, klimakterik adalah masa peralihan antara pertumbuhan dan layu. Proses klimakterik buah dapat dibagi menjadi tiga tahap: klimakterik menaik, klimakterik puncak, dan klimakterik menurun. Tahap-tahap ini didasarkan pada karakteristik klimakterik buah. Buah-buah klimakterik

menunjukkan adanya peningkatan CO_2 yang mendadak selama pematangan buah seperti yang tertera pada gambar 13.



Gambar 13. Grafik hubungan antara pertumbuhan buah dengan laju respirasi dan produksi gas etilene

Sumber foto : <https://rizosfir.wordpress.com/2016/10/23/respirasi-pada-buah-buahan-klimaterik-dan-non-klimaterik/>

Tabel 9. Perbedaan buah klimaterik dan non klimaterik

Perbedaan	Klimaterik	Non klimaterik
Laju respirasi	<ul style="list-style-type: none"> - Sebelum pemasakan, laju respirasi meningkat - terdapat puncak respirasi 	<ul style="list-style-type: none"> - Sebelum pemasakan, laju respirasi tidak meningkat - tidak terjadi puncak respirasi
Etilen	<ul style="list-style-type: none"> - Etilen yang dihasilkan akan meningkat pada fase pemasakan buah (<i>ripening</i>) dan menurun menjelang fase pelayuan (<i>senescence</i>) - Etilen terproduksi ketika pematangan 	<ul style="list-style-type: none"> - Etilen yang dihasilkan rendah atau tidak mengalami perubahan selama fase perkembangan buah, mulai dari pembelahan sel sampai fase <i>senescence</i>. - Etilen tidak/sedikit terproduksi ketika pematangan

Perbedaan	Klimaterik	Non klimaterik
Pematangan	<ul style="list-style-type: none"> - Terjadi pematangan setelah pemanenan - Pemberian etilen eksternal dalam jumlah sedikit sudah cukup untuk pematangan 	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak terjadi pematangan setelah pemanenan (pematangan terjadi di pohon) - Tidak ada respon atas pemberian etilen eksternal
Contoh	pisang, mangga, pepaya, alpukat, tomat, sawo, melon, durian, nangka	nanas, stroberi, jeruk, apel, salak, belimbing, paprika, cabai, mentimun, wortel, leci, manggis, anggur, terong, okra, kacang polong, zaitun, delima, labu, semangka

Sumber : Sudheer, K. P., & Indira, V. (2007).

Tabel 10. Kadar etilen pada buah klimaterik dan non klimaterik

Jenis	Contoh buah	Kadar Etilen ($\mu\text{L/L}$)
Klimaterik	Apel	25-2500
	Pear	80
	Peach	0,9-20,7
	Alpukat	28,9-74,2
	Pisang	0,05-2,1
	Mangga	0,04-3,0
	Markisa	466-530
	Tomat	3,6-29,8
Non-Klimaterik	Lemon	0,11-0,17
	Limau	0,30-1,96
	Orange	0,13-0,32

Sumber : Wills, *et al.* (1998)

DAFTAR PUSTAKA

- Atwell, BJ, Kriedemann, PE and Turnbull, CG. 1999. Plants in action: adaptation in nature, performance in cultivation. Macmillan Education AU
- Bender, R. J., Brecht, J. K., Baldwin, E. A., & Malundo, T. M. M. (2000). Aroma volatiles of mature-green and tree-ripe Tommy Atkins' mangoes after controlled atmosphere vs. air storage. *HortScience*, 35(4), 684-686.
- Carini, F. (2001). Radionuclide transfer from soil to fruit. *Journal of Environmental Radioactivity*, 52(2-3), 237-279.
- Sacher, J. A. (1973). Senescence and postharvest physiology. *Annu Rev Plant Physio.* 24: 197-224
- Sudheer, K. P., & Indira, V. (2007). *Post harvest technology of horticultural crops* (Vol. 7). New India Publishing
- Toumadje, A., & Richardson, D. G. (1988). Endogenous polyamine concentrations during development, storage and ripening of pear fruits. *Phytochemistry*, 27(2), 335-338.
- Wills, R., B. Mc Glasson, D. Graham, and D. Joyce. 1998. *Postharvest, An Introduction to the Physiology & Handling of Fruit, Vegetables & Ornamentals*. Printed by Hyde Park Press, Adelaide, South Australia

LATIHAN SOAL

1. Jelaskan kenapa buah non klimaterik tidak bisa dilakukan pemeraman setelah dipanen?
2. Pada tahapan pertumbuhan apa yang tepat dipanen untuk buah klimaterik dan non klimaterik? Jelaskan alasannya!

BAB 5

PEMANENAN

Pemanenan merupakan kegiatan mengumpulkan bahan hasil pertanian dari lahan penanaman, pada taraf kematangan yang tepat, dengan kerusakan minimal, dilakukan secepat mungkin dan dengan biaya yang rendah. Kegiatan ini merupakan tindakan awal sebelum penanganan pasca panen dimulai. Ketika tanaman sudah dewasa dan terlihat ada perubahan, biasanya dapat dipanen. Penanaman harus dilakukan dengan tepat pada waktunya. Hasil dan kualitas produk akan menurun karena waktu pemanenan yang tidak tepat. Secara umum, pemanenan buah yang masih muda akan menghasilkan keriput, sedangkan pemanenan buah yang lebih tua justru akan menghasilkan kecambah. Karena tidak semua teknik panen cocok untuk satu jenis tanaman, teknik pemanenan juga harus dipertimbangkan. Beberapa faktor yang harus diperhatikan selama pemanenan:

- Memperhatikan waktu panen (pagi hari atau sore hari) untuk mengurangi kerusakan akibat terpapar suhu lingkungan yang tinggi.
- Panen sebaiknya dilakukan dengan tangan atau menggunakan alat bantu yang sesuai/mekanisasi
- Memperhatikan bagian tanaman yang dipanen, sebisa mungkin menghindarkan bahan hasil pertanian dari kerusakan fisik (memar, luka, lecet)
- Menggunakan tempat/wadah panen yang sesuai dan bersih, tidak meletakkan hasil panen diatas tanah atau di lantai dan usahakan tidak menumpuk terlalu tinggi.

- Menghindari tindakan kasar pada pewadahan dan usahakan tidak terlalu banyak melakukan pemindahan wadah
- Memisahkan bahan hasil pertanian yang cacat (luka, memar, terkena penyakit) agar tidak menulari komoditas yang sehat.

A. Penentuan Tingkat Kematangan

Standar kematangan harus ditetapkan karena pemanenan terlalu awal menyebabkan rasa yang buruk atau mungkin tidak masak secara baik, sementara pemanenan terlambat menyebabkan bahan hasil pertanian menjadi berserat atau lewat masak. Sehingga pemetik bisa dilatih dengan metode mengidentifikasi produk yang siap untuk dipanen. Secara umum tingkat kematangan bisa diidentifikasi secara manual maupun menggunakan alat.

1. Secara Subjektif

- *Visual/Sensory*

Karakteristik fisik bahan hasil pertanian, seperti ukuran, berat, warna kulit, keharuman, dan kekerasan daging buah, dapat digunakan untuk mengetahui seberapa matang bahan tersebut. Beberapa contoh index kematangan yang bisa dilihat secara visual dapat dilihat pada tabel 11.

Proses penentuan tingkat kematangan secara manual (konvensional) melalui pengamatan visual sangat bergantung pada orang yang melakukan pengecekan, jadi dalam beberapa kasus, hasil yang tidak akurat dapat dihasilkan. Contoh indeks kematangan buah manggis berdasarkan warna dapat dilihat pada gambar 14 dan Tabel 12.

Tabel 11. Contoh indeks kematangan secara visual

Indeks Kematangan Visual	Contoh
Penglihatan	Warna : Perubahan warna kulit, misal : pepaya, nanas, mangga, anggur
	Ukuran buah dan beberapa sayuran, misal: mentimun, asparagus, apel
	Bentuk Lingkaran penuh pada pisang Perkembangan penuh punggung mangga Kekompakan dari brokoli dan bunga kol.
	Perkembangan lapisan absisi, contoh: Melon, semangka, dan apel
	Morfologi dan struktur permukaan Pembentukan kutikula pada anggur dan tomat. Pembentukan jaringan-jaringan pada melon. Pembentukan lilin pada sejumlah buah.
	Bagian tanaman mengering Misal : bawang, kentang, kacang, pisang, rimpang, melon
	Sentuhan
Bau	Bau atau aroma. misalnya nangka, mangga
Rasa	Manis, asin, asam, pahit
Resonansi	Berbunyi saat diketuk. Misalnya melon air, nangka

Sumber : Sudheer & Indira (2007).



Gambar 14. Indeks kematangan buah manggis secara visual berdasarkan warna kulit

Sumber foto: https://www.facebook.com/photo.php?fbid=205450053579735&id=108212889970119&set=a.111269652997776&locale=eo_EO

Tabel 12. Indeks Kematangan Buah Manggis berdasarkan warna kulit

Nomor Indeks	Keterangan
0	Kulit masih berwarna hijau kekuningan. Belum layak panen
1	Kulit berwarna kekuningan dengan sedikit semburat merah. Dipanen untuk pasar jarak jauh dan ekspor
2	Kulit berwarna kekuningan dengan warna merah belum merata di sekeliling buah. Dapat dikonsumsi setelah 3 – 4 hari. Untuk tujuan pasar jarak jauh dan ekspor
3	Seluruh kulit buah berwarna merah merata. Baik untuk tujuan ekspor
4	Kulit buah coklat kemerahan. Baik untuk konsumsi langsung
5	Seluruh kulit buah ungu kemerahan. Mutu dan Rasa sangat memuaskan.
6	Ungu gelap atau kehitaman (matang penuh). Mutu dan rasa paling baik

Sumber : https://www.facebook.com/photo.php?fbid=205450053579735&id=108212889970119&set=a.111269652997776&locale=eo_EO

Kelemahan dari metode pengecekan kematangan secara sensori diantaranya:

- Jika lahan budidaya lebih luas, teknik ini akan membosankan.
- Warna setiap buah/tandan tidak bisa sama karena adanya variasi persepsi.
- Perubahan cuaca akan menyesatkan pemetik
- Variasi faktor biotik dan abiotik di kebun (iklim mikro) mempengaruhi penilaian tanaman (tanaman di dekat kolam/lubang kompos).

Perhitungan jumlah hari setelah pembungaan/penanaman

Selain secara visual, penentuan masa panen secara manual dapat dilakukan dengan menghitung:

- a. Jumlah hari saat penanaman sampai panen
- b. Jumlah hari saat pembungaan sampai panen.

Tabel 13. Waktu panen beberapa hasil pertanian berdasar komputasi

No	Komoditas	Waktu panen	Referensi
1.	Pisang Cavendish	90 hari dari fruit set	Sudheer & Indira (2007).
2.	Mangga	110-125 hari dari fruit set	Sudheer & Indira . (2007).
3.	Jagung	95-105 hari setelah tanam	Darwis (2018).
4.	Pakchoi	45 hari setelah tanam	Edi & Bobihoe (2010)
5.	Cabai	75-80 hari setelah tanam	Edi & Bobihoe (2010).

2. Secara Pengujian Alat

Penentuan tingkat kematangan dengan menggunakan alat mempunyai kelebihan yakni data yang didapat lebih akurat. Beberapa contoh indikator kematangan yang dapat dilakukan pengujian tertera pada tabel 14.

Tabel 14. Metode pemanenan dengan pengujian

Kategori	Metode pengujian	Komoditas
Fisik	Kekuatan retensi	Apel
	Ukuran	Semua buah-buahan, kacang-kacangan, wortel, mentimun, ceri, asparagus dan kembang kol, zucchini
	Morfologi permukaan	Anggur (pembentukan kutikula), pisang, mangga, sawo, lengkeng, tomat, jaring pada beberapa melon, kilau pada beberapa buah (perkembangan lilin)
	Berat	Semua komoditas
	Berat jenis	Ceri, mangga
	Warna - kulit, daging dan biji	Semua buah-buahan, tomat, melon, apel, pir, mangga, pepaya, semangka dan melon, tomat
	Kekokohan	Buah pome dan batu, kacang-kacangan, selada dan melon
	Kelembutan	Kacang polong
	Bulk density	Selada, kubis, brussels sprouts
	Perkembangan lapisan absisi	Melon
Kimia	Total padatan- berat kering	Kentang, alpukat, buah Kiwi dll
	Kadar jus	Jeruk
	Total padatan terlarut	Semua buah-buahan, tomat, melon air
	Kadar gula	Semua buah-buahan
	Perbandingan gula/ asam	Delima, jeruk, pepaya, buah kiwi dan anggur
	Kadar pati	Apel, pisang, pear
	Kadar tanin	Kesemek dan kurma
	Kadar minyak	Alpukat
Fisiologi	Laju respirasi	Apel, pir dan banyak buah-buahan
	Laju produksi etilen	
	Transpirasi	
	Produksi volatil	

Sumber : Sudheer & Indira (2007)

Beberapa alat yang sering dipakai pada penentuan kematangan:

a. Penentuan Kadar Gula dengan Refraktometer

Gula, zat padat terlarut yang paling banyak terdapat dalam jus buah-buahan, dapat digunakan untuk menunjukkan rasa manis. Untuk mengukur % SSC (derajat ekuivalen Brix untuk larutan gula) dalam sampel jus buah yang kecil, refraktometer tangan dapat digunakan di luar rumah. Pengukuran akan dipengaruhi oleh suhu, yang akan meningkat sekitar 0,5% total padatan terlarut, atau TPT, setiap kenaikan 5°C atau 10°F. Oleh karena itu, pengukurannya harus disesuaikan dengan suhu ruang.

Alat press bawang putih dapat digunakan untuk meremas mendapatkan jus buah untuk contoh pengukuran. Caranya dengan memotong bagian atas, bawah, dan tengah buah besar. Kemudian menyaring jusnya dengan menggunakan kain kasa kecil. Untuk setiap pengukuran, refraktometer harus dibersihkan dan distandarisasi sebelum digunakan dengan air distilasi. Hasilnya harus menunjukkan 0% TPT pada 20°C atau 68°F.



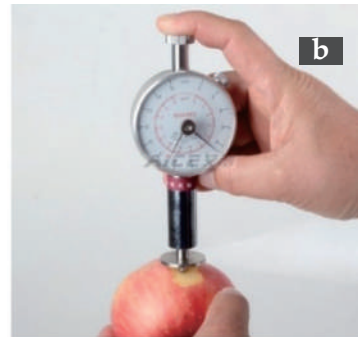
Gambar 15. Alat refraktometer untuk menganalisa kadar gula

Sumber foto: <https://www.dinomarket.com/TD/23601912/Alat-Ukur-Kadar-Gula-Makanan-Minuman-Refractometer-Brix-With-ATC/>

b. Pengujian Kekerasan dengan Pnetrometer

Derajat kelembutan atau kerenyahan bisa diukur dengan cara menekan produk, atau dengan menggigit. Pengukuran secara obyektif dapat dilakukan dengan menggunakan penetrometer yang murah. Cara yang paling umum untuk mengukur kekerasan adalah dengan mengukur daya tahan terhadap tekanan atau *pounds-force* (lbf). Penetrometer buah *Effi-gi* adalah alat yang mudah dibawa dengan pengukuran dalam *pounds-force*.

Untuk mengukur kekerasan, buah yang suhunya seragam dipilih, karena buah hangat biasanya lebih lunak daripada buah dingin. Selain itu, ukuran buah yang seragam perlu diperhatikan, karena buah besar biasanya lebih lunak daripada buah kecil. Dua tes tekanan atau *puncture* dilakukan pada buah ukuran besar, yaitu pada dua bagian equator yang berlawanan, terletak pada pertengahan antara tangkai dan pangkal buah. Setelah kulit buah diiris sedikit lebih besar daripada ujung penetrometer, pilih ujung penekan yang sesuai untuk dimasukkan ke dalam buah. Selama dua detik, ujung penekan dimasukkan dengan lambat dan seragam ke dalam buah sampai ada garis di ujungnya. Hasil pengukuran dibaca yang mendekati 0.5 *lb-force*.



Gambar 16. Alat pnetrometer untuk menguji kekerasan buah

Sumber foto : a. <https://alat-ukur-indonesia.com/sclerometer-penetrometer-alat-untuk-mengukur-kekerasan-buah/>

b. <https://shopee.co.id/Fruit-Penetrometer-Kekerasan-Buah-GY-1-Hardness-Tester-GY1-Sclerometer-GY-1-Gauge-Meter-i.23715422.1522935110>

c. Pengujian Kekerasan dengan Tenderometer

Alat ini hanya digunakan untuk kacang polong. Setelah kacang polong matang, bagian dalamnya menjadi manis dan lembut. Gula

diubah menjadi pati yang lebih kencang seiring pematangan. Oleh karena itu, sampel kacang polong yang diambil dari ladang dan teksturnya diuji untuk pengolahan (Gambar 17). Seluruh ladang kacang polong dipanen ketika nilai tenderometer tertentu tercapai.



Gambar 17. Tenderometer untuk menguji kematangan kacang polong dengan alat presser tester

Sumber foto : <https://www.textureanalyzers.com/products/tu-tenderometer-pea-tenderometer-solution>

d. Pengujian Warna Menggunakan Alat pencitraan

Digital Image Processing, juga dikenal sebagai “pengolahan citra/gambar,” adalah suatu bidang keilmuan yang berfokus pada mempelajari dan mempelajari metode untuk mengolah gambar. Gambar-gambar ini dapat berupa gambar yang diambil dari kamera, webcam, atau data online. Proses digitalisasi di sini melibatkan pengumpulan informasi oleh komputer dan pengolahan digital menggunakan algoritma dan hitungan matematika. Menurut Shpakov & Bogomolov (1981), digitalisasi adalah proses yang menghasilkan nilai diskrit dan fungsi kontinuitas sebagai informasi. Pengolahan gambar adalah disiplin ilmu yang sangat terkait tentang pengolahan gambar, yang memiliki input gambar dan *output* gambar. (Muwardi & Fadlil., 2017).



Gambar 18. Alat pencitraan berbasis NIR spectrometer untuk mengukur kematangan atau kadar gula buah.
(Sumber foto : a. koreaportal.com dan b. felixinstruments.com)

B. Cara Pemanenan

Hasil pertanian harus dipanen dengan hati-hati. Kerusakan fisik yang disebabkan oleh kesalahan pemanenan dapat menyebabkan pembusukan karena laju respirasi yang lebih tinggi dan kontaminasi bakteri. Sehingga harus diperhatikan bahwa “kerusakan yang terjadi pada produk selama panen tidak dapat diperbaiki”.

Secara garis besar, cara pemanenan dilakukan secara manual (dengan tangan maupun menggunakan alat bantu sederhana) dan secara mekanis menggunakan mesin.

1. Pemanenan Manual (*Hand Harvesting*)

Metode ini melibatkan pemanenan buah dengan tangan, menggunakan alat pemotong buah dan pisau, dll. Pekerja yang terlatih dengan baik memanen dan menangani buah dengan kerusakan minimal.



Gambar 19. Perbedaan cara panen cabai secara manual a) dengan tangan langsung, dan b) dengan bantuan pisau.

(Sumber foto : <https://dinpertenpangan.demakkab.go.id/?p=3360>)

a. Kelebihan dan Kelemahan Panen dengan Tangan

Kelebihan pemanenan dengan tangan diantaranya:

- 1) Pemanenan dengan tangan biasanya dilakukan ketika bahan hasil pertanian tersedia dalam berbagai tahap kematangan tanaman; dengan kata lain, ketika diperlukan kunjungan berulang untuk memanen tanaman selama jangka waktu tertentu.
- 2) Pemilihan kematangan yang akurat, sehingga menghasilkan produk segar dengan kualitas lebih tinggi dengan kerusakan minimum.
- 3) *Grading* yang akurat (membuang buah yang rusak dan sakit pada saat itu panen saja)
- 4) Biaya yang lebih murah
- 5) Kerusakan minimum pada komoditas.
- 6) Laju panen dapat ditingkatkan dengan mempekerjakan lebih banyak orang

- 7) Minimal penanaman modal
- 8) Beberapa tenaga kerja dapat digunakan untuk memanen berbagai jenis tanaman, misalnya. apel dan gladiol bisa dipanen oleh orang yang sama tetapi tidak bisa dipanen dengan mesin yang sama.
- 9) Buah yang belum matang atau berukuran kecil mungkin tertinggal di tanaman untuk panen berikutnya misalnya kacang polong, capsicum dimana 3-4 kali panen diambil dari tanaman yang sama.

b. Sementara Kerugian dari Pemanenan Tangan:

- 1) Lebih memakan waktu
- 2) Tergantung pada ketersediaan tenaga kerja. Tenaga kerja sangat mahal di beberapa negara negara seperti Jepang. Pemogokan kerja pada saat panen dapat mengakibatkan kerugian panen.
- 3) Pemanenan buah yang kecil dan tanaman yang berduri merupakan kendala utama.

2. Pemanenan Menggunakan Mesin (*Mechanical Harvesting*)

Pekerjaan untuk petani dalam memanen mungkin lebih mudah karena dunia pertanian saat ini berkembang dengan cepat. Meskipun demikian, masing-masing metode pemanenan memiliki keunggulan dan kekurangan.

Tabel 15. Kelemahan dan Kelebihan Pemanenan Manual dan Menggunakan Mesin

Cara panen	Kelemahan	Kelebihan
Manual	<ul style="list-style-type: none"> - Waktu panen yang lama - Membutuhkan tenaga kerja yang banyak - Kehilangan hasil panen cukup tinggi - Kurang efektif dan efisien jika dilakukan pada lahan yang luas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alat panen padi mudah ditemukan seperti sabit - Harganya murah. - Cara pemakaiannya juga mudah. - Dapat digunakan di berbagai kondisi lahan seperti lahan terasering.
Menggunakan mesin	<ul style="list-style-type: none"> - Harga alat panen yang mahal. - Tidak mudah dioperasikan sembarang orang. - Biaya perawatan cukup mahal. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alat panen modern. - Waktu yang dibutuhkan untuk panen relatif singkat - Efektif dan efisien ketika memanen pada lahan yang luas.

Cara panen	Kelemahan	Kelebihan
	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak bisa digunakan di lahan yang miring. - Kurang efektif dan efisien jika digunakan pada lahan yang kecil. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dapat menekan kehilangan hasil panen dan meningkatkan kualitas panen.

Sumber : <https://agri.kompas.com/read/2023/06/13/222229184/perbedaan-panen-padi-manual-dan-mekanis?page=all>



Gambar 20. Alat panen berbasis mesin, a). padi; b) kentang; dan c) wortel

Sumber foto :

- a. <https://aceh.tribunnews.com/2022/04/17/mesin-potong-padi-milik-dinas-banyak-yang-rusak>
- b. <https://malangtimes.com/baca/41133/20190630/132400/para-petani-bakal-baper-lihat-mesin-pemanen-super-cepat-ini>
- c. <https://www.liputan6.com/global/read/2309657/begini-tampilan-mesin-canggih-panen-wortel>

C. Pengumpulan Hasil Panen

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk mengoptimalkan proses pengumpulan hasil panen, antara lain:

1. Lokasi pengumpulan atau penampungan harus dekat dengan lahan untuk mengurangi penyusutan atau penurunan kualitas karena proses pengangkutan jauh dari lahan ke tempat penampungan.
2. Lokasi pengumpulan juga harus dapat dijangkau oleh kendaraan yang akan mengangkut hasil panen.
3. Pilihlah lokasi yang terlindung dari matahari langsung dan sebaiknya berada di luar ruangan.
4. Tindakan penanganan dan wadah yang digunakan harus disesuaikan dengan sifat dan karakteristik komoditas yang ditangani.



Gambar 21. Pengumpulan hasil panen buah naga yang baik a). menggunakan alas dan b) wadah yang sesuai

Sumber foto :

- a. https://www.antaraneews.com/berita/674838/petani-parigi-masuki-musim-panen-buah-naga-dan-rambutan#google_vignett
- b. <https://jatim.antaraneews.com/foto/234224/panen-buah-naga>

DAFTAR PUSTAKA

- Darwis, V. (2018). Potensi kehilangan hasil panen dan pasca panen jagung di Kabupaten Lampung Selatan. *Journal of food system and agribusiness*.
- Edi, S., & Bobihoe, J. (2010). Budidaya tanaman sayuran. *Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. Jambi*, 54.
- Muwardi, F., & Fadlil, A. (2017). Sistem Pengenalan Bunga Berbasis Pengolahan Citra dan Pengklasifikasi Jarak. *J. Ilm. Tek. Elektro Komput. dan Inform*, 3(2), 124-131.
- Shpakov, O. N., & Bogomolov, G. V. (1981). Technogenic activity of man and local sources of environmental pollution. In *Studies in Environmental Science* (Vol. 17, pp. 329-332). Elsevier.
- Sudheer, K. P., & Indira, V. (2007). *Post harvest technology of horticultural crops* (Vol. 7). New India Publishing

LATIHAN SOAL

1. Kenapa waktu panen tidak dilaksanakan di siang hari? Jelaskan pengaruhnya ke bahan pangan yang dipanen!
2. Petani melon siap melakukan pemanenan dengan menerapkan metode visual dan pengujian kimia. Sebutkan contoh metode yang bisa diterapkan!

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 6

PATOLOGI PASCAPANEN

Patologi adalah bidang yang mempelajari penyakit dan proses terjadinya penyakit. Oleh karena itu, patologi pasca panen dapat diartikan sebagai bidang yang mempelajari penyakit yang muncul atau berkembang saat produk melewati fase panen atau pematangan dan pembusukan.

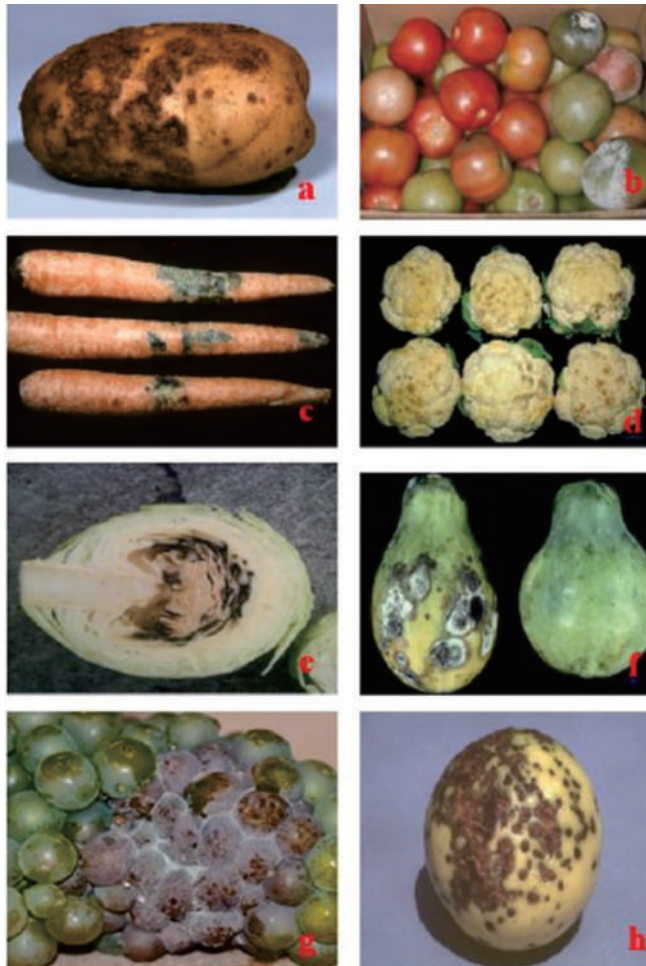
A. Penyakit Pasca Panen

Dua jenis penyakit pascapanen pada komoditas hortikultura adalah parasiter dan nonparasiter. Penyakit parasiter disebabkan oleh mikroba, sementara penyakit nonparasiter disebabkan oleh lingkungan. Penyakit parasit pascapanen terjadi ketika produk masih lapang, atau sebelum dipanen, tetapi patogen masih keadaan dorman.

Tabel 16. Perbedaan penyakit parasiter dan non parasiter

Jenis penyakit pasca panen	Penyebab	Contoh
Parasiter	disebabkan oleh patogen seperti jamur, bakteri, dan virus	Rhizopus, Phytophthora, dan Pythium
Non parasiter	disebabkan oleh pengaruh lingkungan	kerusakan mekanis, kerusakan fisiologis, penguapan, kerusakan akibat respirasi, kerusakan fisik, kerusakan akibat suhu, kerusakan akibat kelembaban relatif, maupun perubahan biologis lainnya

Sumber: Susetyo (2023).



Gambar 22. Contoh kerusakan buah dan sayur akibat penyakit pasca panen (Parvathi & Reddy., 2020).

Setelah pemanenan, pada saat kondisi mendukung perkembangan dan aktivitas patogen, barulah terjadi perkembangan atau aktivitas patogen sehingga penyakit muncul dengan gejala pertama. Jenis *Ascomycetes* dan *Phycomycetes*, seperti *Rhizopus*, *Phytophthora*, dan *Pythium*, menyebabkan penyakit pascapanen. Infeksi bakteri dapat menyebabkan penyakit pascapanen baik di lapang maupun selama periode pascapanen, serta selama proses pengumpulan hasil panen, sortasi, pencucian, pengemasan, transportasi dan penyimpanan.

Tabel 17. Penyakit dan kerusakan pascapanen selama penyimpanan dan pemasaran

Komoditas	Nama Penyakit	Penyebab
Apel	Kapang biru	<i>Penicillium expansum</i> Lk.:
	Kapang kelabu	<i>Botrytis cinerea</i> Pers.:Fr
	Busuk hitam	<i>Physoctenidia obtusa</i> Schw.:Ckc
	Busuk putih	<i>Botryosphaeria ribis</i> Gross.&Dug.
	Busuk mata sapi	<i>Pezizula malicorticis</i> Tacks.:Nannf
	Busuk pahit	<i>Glomerella cingulate</i> Ston.:Spauld.& Schrenk
Jeruk	Busuk Alternaria	<i>Alternaria citri</i> Ell. & Pierce
	Kapang biru	<i>Penicillium italicum</i> Wehmer
	Kapang hijau	<i>Penicillium digitatum</i> Sacc
	Busuk asam	<i>Geothrichum candidum</i> Ferr.: Ciferri
	Busuk ujung tangkai	<i>Phomopsis citri</i> Fawc <i>Diplodia natalensis</i> P.Evans
Kentang	Hawar akhir	<i>Phytophthora infestans</i> Mont.:d.By
	Busuk umbi Fusarium	<i>Fusarium spp</i>
	Layu Fusarium	<i>Fusarium spp</i>
	Tiris	<i>Phytium sp</i>
	Puru akar	<i>Meloidogyne spp</i>
	Busuk lunak bakteri	<i>Erwinia carotovora</i> pv.carotovora
	Busuk lunak berlendir	<i>Clostridium spp</i>
	Busuk Mahkota	<i>Ralstonia solanacearum</i> E.F.Smith
	Busuk cincin	<i>Corynebacterium sepedonicum</i> Speick & Kotth.: Skapt & Burkh
	Nekrosis jaring	Virus gulung daun kentang
Ubi jalar	Busuk hitam	<i>Endoconidiophora fimbriata</i> Em. & Halst.: Davidson
	Busuk Rhizopus	<i>Rhizopus sp.</i>
Sayuran daun, umbi, bewangan, bunga	Kapang kelabu	<i>Botrytis cinerea</i> Pers.:Fr
	Busuk Rhizopus	<i>Rhizopus sp</i>
	Busuk lunak berair	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> Lib.: d.By
	Tiris berkapas	<i>Phytium butleri</i> Subr.
	Busuk wortel	<i>Rhizoctonia carotae</i> Rader
	Busuk Fusarium	<i>Fusarium sp.</i>

Sumber : Soesanto (2020)

B. Hama Pascapanen

Selain penyakit parasiter yang berasal dari mikroba, penyakit juga berasal dari hama pasca panen atau hama gudang. Aktivitas organisme hama ini dapat menurunkan dan merusak kualitas dan kuantitas produk pertanian setelah dipanen. Hama gudang juga dapat merusak produk pertanian saat berada di gudang atau pada masa penyimpanan. Salah satu alasan utama mengapa produk menjadi kurang berkualitas adalah hama pasca panen. Berbagai hama gudang yang berbahaya dapat menyerang hasil panen, terutama biji-bijian, setiap saat. Hama gudang biasanya termasuk dalam ordo Coleoptera dan Lepidoptera, dan termasuk dalam kategori hama utama (hama utama) karena mereka dapat memakan semua biji yang sehat dan merusaknya.



Gambar 23. Biji kacang hijau terserang hama gudang
(Sumber foto : <https://diperpa.badungkab.go.id/Artikel/17739-infoproteksi-kumbang-kacang-callosobrunchus-chinensis-1>)

Beberapa contoh hama gudang selama penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 18.

Tabel 18. Hama gudang selama penyimpanan pasca panen

Jenis Hama	Istilah Hama	Nama Komoditas
Lalat buah		
<i>Dacusciliatus</i>	Lesser pumpkin fly	Golongan mentimun
<i>D. cucurbitae</i>	Melon fly	Golongan mentimun dan tomat
<i>D.dorsalis</i>	Oriental fruit fly Most	Buah berdaging dan sayuran
Tungau		
<i>Halotydeus destructor</i>	Red legged earth mite	Sayuran berdaun
<i>Panonchusulmi</i>	European red mite	apel dan lainnya buah-buahan gugur
<i>Phthorimaeaoperculella</i>	Potato tuber moth	Kentang, tomat, terung
Serangga tepung		
<i>Planococcuscitri</i>	Citrus mealy bug	Jeruk, anggur
<i>Dysmicoccusbevipis</i>	Pineapple mealy bug	Nanas
Ngengat		
<i>Cydiapomonella</i>	Codling moth	Apel, pir, persik, quince, prunus, kenari
<i>Marucatestulalis</i>	Beam pod borer	Kacang-kacangan
Serangga		
<i>Aonidiellaaurantii</i>	Red scale	Jeruk
<i>Lepidosaphesbeckii</i>	Purple scale	Jeruk
Kumbang		
<i>Cylasformicarius</i>	Sweet potato weevils	Kentang
<i>Sternochaetusmangiferae</i>	Mango seed weevils	Mangga

Sumber : Sudheer & Indira (2007).

C. Pengendalian Patologi Pasca Panen

Patologi dapat dikendalikan mulai dari pra panen, panen, dan pasca panen:

1. Prapanen

Pembusukan produk segar sebelum dan sesudah panen dapat dikurangi dengan menanam varietas resisten, menggunakan teknik irigasi yang tidak membasahi daun atau bunga tanaman, menghindari penggunaan terlalu banyak nitrogen, dan pemangkasan selama produksi untuk mengurangi pertumbuhan tajuk daun yang berlebihan.

2. Panen

Pemanenan dilakukan dengan berhati-hati dan penyiapan yang baik untuk pasar langsung di lapang

3. Pascapanen

Proses sortasi akan mencegah kontaminasi bagian produk yang masih sehat jika bagian yang rusak atau busuk dikeluarkan.

1. Pengendalian dengan Bahan Kimia

Pembusukan bakteri, kapang, dan ragi pada permukaan buah dapat dihindari dengan mencuci produk dengan air klorin. Kalsium hipoklorit, dalam bentuk serbuk, dan sodium hipoklorit, dalam bentuk cairan, keduanya murah dan mudah diakses. Jika bahan organik bertambah di dalam air, perlakuan tidak akan efektif. Dengan menurunnya pH dari 11 ke pH 8, efektivitas klorin meningkat, tetapi klorin menjadi tidak stabil pada pH lebih rendah.

Untuk menghilangkan bakteri pembusuk, buah-buahan dan sayur-sayuran dapat dicuci dengan larutan hipoklorit selama dua menit (dengan konsentrasi 25 ppm klorin) kemudian dibilas dengan air bersih. Opsi lain adalah mencelupkan buah-buahan dan sayur-sayuran dalam larutan hipoklorit (50 hingga 70 ppm klorin) kemudian dibilas dengan air kran bersih.

Tabel 19. Contoh senyawa kimia yang digunakan untuk pengendalian penyakit pasca panen

Komoditas	Senyawa Kimia
Apel	Sodium-phenyl phenate, Sodium carbonate
Pisang	Thiobendazole, benomyl
Jeruk	Sodium carbonate, SOPP, fumigasi NCl_3 , biphenyl, 2,4, -D
Mangga	Benomyl
Anggur	Fumigasi SO_2
Pepaya	Sodium carbonate
Delima	Ethylolate
Kentang	Hypo chlorite
Wortel dan Kubis	Thiobendazole, Benomyl
Bawang	Benomyl
Ubi jalar	2,6-dichloro-4-nitroaniline
Tomat	2,6-dichloro-4-nitroaniline, Sodium carbonate
Cherry	Ammonium molybdate
Rambutan	Pottasium metabisulphite

Sumber : Sudheer & Indira (2007) dan Sharma, et.al (2009).

Metode Aplikasi Senyawa Kimia

a. *Dipping/ Pencelupan*

Untuk pengendalian penyakit yang efektif, bahan kimia dapat digunakan air panas pada suhu 55°C selama sekitar 10 menit. Ini disebut aplikasi 'cascade'. Penggunaan bahan kimia seperti asam sitrat untuk menurunkan pH larutan dengan fungisida tampaknya lebih efektif. Pada nanas, terjadi infeksi biasanya melalui tangkai buah yang dipotong, oleh karena itu pencelupan ujung potongan ternyata cukup untuk mengendalikan penyakit, menghemat larutan pestisida dan residu yang lebih rendah pada buah. Contoh komoditas yang diterapkan pengendalian dengan metode pencelupan adalah Jeruk, apel, nanas, sayuran akar.

b. *Spraying/ Penyemprotan*

Penyemprotan lebih efektif dibandingkan pencelupan, karena fungisida efektivitasnya berkurang jika tanaman sudah dicuci dan

masih basah dan banyak bahan kimia pestisida yang diformulasikan sedemikian rupa sehingga tidak berada dalam larutan, melainkan dalam suspensi halus. Hal ini menghasilkan konsentrasi gradien dalam tangki antara atas (konsentrasi lebih sedikit) dan bawah (lebih banyak) tangki kecuali suspensi sering diaduk. Contoh komoditas yang diterapkan pengendalian dengan metode penyemprotan adalah jeruk, apel.

c. *Electrostatic Sprays / Thin film of Coating* atau Semprotan Elektrostatik / Lapisan Film Tipis

Prinsip dari cara ini adalah menghancurkan larutan pestisida menjadi tetesan halus dan kemudian memberikannya listrik untuk mendapatkan keseragaman penerapan. Prinsipnya adalah partikel semua mempunyai muatan listrik yang sama, sehingga saling tolak menolak. Muatan ini tertarik ke arah tanaman dan membentuk lapisan seragam pada hasil bumi. Contoh komoditas yang diterapkan pengendalian dengan metode lapisan film tipis adalah kentang dan mahkota pisang.

d. *Dusting/ Debu*:

Aplikasi penerapan kimia metode *dusting* menggunakan abu kayu dan kapur untuk ubi. Sementara fungisida juga bisa diterapkan pada kentang.

e. Fumigasi / Pengolahan Uap

Fumigasi adalah untuk menghilangkan serangga, baik dewasa, telur, larva atau pupa dan inokulum patogen. Fumigan seperti sulfurdioksida (SO_2) digunakan untuk mengendalikan penyakit pasca panen dalam anggur. Hal ini dicapai dengan menempatkan kotak buah di dalam gastight ruangan dan memasukkan gas dari silinder ke yang sesuai konsentrasi. Perlakuan ini menghasilkan residu sebesar 5-18 ppm SO_2 pada buah anggur cukup untuk mengendalikan pembusukan. Toksisitasnya terhadap *Botrytis cinere* ditemukan sebanding dengan suhu pada kisaran 0-30°C, dimana toksisitas SO_2 meningkat sekitar 1 V kali lipat setiap kenaikan suhu 10°C. Secara umum pengobatan dengan 0,5- 1% SO_2 selama 20 menit terbukti efektif jika dibiarkan dengan ventilasi. Selama penyimpanan, fumigasi berkala (setiap 7-10 hari) dilakukan konsentrasi 0,25%.

f. *Absorbent paper/ Kertas penyerap*

Bahan kimia dapat diserap ke dalam bantalan yang terbuat dari bahan yang cocok seperti kertas. Bantalan penyerap ini direndam dalam fungisida seperti thiabendazole dan dikeringkan, ditempatkan di atas permukaan yang dipotong, seperti potongan ujung tajuk untuk mengendalikan busuk ujung tajuk pisang. Di sini bantalan menyerap lateks dari permukaan potongan, yang juga membantu menjaga bantalan tetap di dalam posisi dan mencegah pewarnaan pisang. Kalium aluminium sulfat dapat ditambahkan ke bantalan, yang membantu mengentalkan lateks. Metode ini digunakan ketika pisang dipotong-potong di ladang dan dikemas langsung ke karton ekspor, tanpa pencucian, penyemprotan, atau pencelupan berlangsung. Insektisida seperti dichlorovos memiliki fase uap yang terbatas aktivitas, oleh karena itu strip hama berbasis diklorovos telah dimasukkan ke dalam karton yang dikemas dengan bunga untuk mempengaruhi disinfestasi yang sedang berlangsung selama ekspor.

2. Pengendalian dengan Perlakuan Dingin

Untuk mencegah infeksi, produk dapat disimpan selama beberapa hari pada suhu paling dingin (suhu 0°C untuk apel, pear, anggur, buah kiwi, persimmon, dan buah berbiji). Ini karena beberapa bakteri dan jamur tertentu sensitif terhadap dingin selama fase perkecambahannya. Ketika jamur hitam *Rhizopus stolonifera* dan *Aspergillus niger* berkecambah selama dua hari atau lebih pada suhu 0°C (32°F), pertumbuhan patogen hampir dapat dicegah dengan menyimpannya pada suhu di bawah 5°C (41°F).

Perlakuan dingin juga dapat mengendalikan beberapa serangga hama. Sekarang ini, perlakuan dingin diizinkan untuk mengendalikan lalat buah, lalat melon, semut palsu, pecan weevil, dan pemotong buah lychee. Pengendalian lalat buah memerlukan waktu sepuluh hari pada suhu 0°C (32°F) atau lebih rendah atau empat belas hari pada suhu 1.7°C (35°F) atau di bawahnya. Oleh karena itu, perlakuan ini hanya berlaku untuk buah seperti apel, pear, anggur, kiwi, dan persimmon. Untuk mencegah reinfestasi oleh serangga selama proses pengendalian, ventilasi kemasan produk yang telah dikemas sebelum penyimpanan dingin harus disaring atau disegel.

3. Pengendalian dengan Perlakuan Atmosfir Terkendali/ Termodifikasi

Untuk komoditi-komoditi yang toleran dengan konsentrasi CO₂ tinggi, 15 sampai 20% CO₂-diperkaya udara dapat digunakan sebagai fungistatik untuk pengendalian pembusukan disebabkan oleh pathogen-patogen, seperti *Botrytis cinerea* pada strawberry, blueberry, blackberry, fig segar dan anggur meja selama transportasi. Sebagai pengganti fumigasi methyl bromida pada buah, biji-bijian, dan sayur-sayuran kering, atmosfer yang bersifat insektisidal (0,5% atau lebih rendah oksigen dan/atau 40% atau lebih tinggi CO₂) telah terbukti efektif. Keefektifan atmosfer insektisidal tergantung pada suhu, kelembaban nisbi, lamanya ekspos, dan stadia hidup serangga. Pada komoditi tertentu yang toleran terhadap kondisi ini, konsentrasi oksigen rendah dan/atau CO₂ tinggi telah digunakan untuk membunuh serangga.

4. Pengendalian dengan Perlakuan Panas

Serangga pascapanen dapat dikontrol langsung dengan mencelupkan ke dalam air panas atau udara yang dipanaskan. Setelah perlakuan panas selesai, buah tidak boleh ditangani. Jika produk segar terkena panas, pancuran air dingin atau hembusan udara dingin harus digunakan untuk mengembalikan buah ke suhu ideal segera setelah perawatan selesai.

Beberapa patogen sensitif terhadap panas. Pencelupan dengan air panas atau hembusan udara panas dapat mengendalikan penyakit dan populasi mikrobial untuk hasil tanaman seperti plum, peach, papaya, cantaloupe, buah berbiji atau buah batu (Shewfelt, 1986), ubi jalar, dan tomat. Karena waktu expose yang lama, pentingnya pengendalian suhu tinggi, dan risiko kerusakan produk, perlakuan panas jarang digunakan untuk pengendalian insekta.

Tabel 20. Contoh penerapan perlakuan panas dalam pengendalian penyakit pasca panen

Komoditas	Target Mikroba	Penyakit
Apel	<i>Candida sake</i>	Blue mold ^a
	<i>Pseudomonas syringae</i>	Green mold ^b
	Yeast	<i>Colletotrichum acutatum</i> Simmonds dan <i>Penicillium expansum</i> rots ^c
	<i>Metschnikowia pulcherrima</i>	<i>Penicillium expansum</i> rots dan <i>Botrytis cinerea</i> rots ^d
Kiwi	Yeast	<i>Botrytis cinerea</i> ^e
Jeruk	<i>Bacillus subtilis</i>	Green and blue mold ^f
Strawberry	<i>Cryptococcus laurentii</i>	Rhizopus rot ^g

a: Usall *et al* (2000), Conway *et al* (2007), Janisiewicz *et al* (2008)

b: Conway *et al* (2005)

e: Cook *et al* (1999)

c: Conway *et al* (2004)

f: Obagwu and Korsten (2003)

d: Spadaro *et al* (2004)

g: Zhang *et al* (2007)

Umumnya, suhu tinggi bisa menyebabkan pelunakan jaringan dan meningkatkan penyakit bakteri diantaranya:

- Suhu pencelupan tergantung komoditas, serangga yang ingin dikendalikan dan tingkat perkembangannya.
- Mencelupkan ke dalam air panas juga berkontribusi terhadap berkurangnya kandungan mikroba di dalamnya plum, persik, pepaya, melon, ubi jalar dan tomat tapi tidak selalu menjamin pengendalian serangga yang baik.
- Perlakuan panas dipertimbangkan kembali sebagai perlakuan karantina pada buah-buahan seperti mangga, pepaya, jeruk, pisang, belimbing dan sayuran seperti lada, terong, tomat, mentimun dan zucchini.
- Suhu, paparan dan metode aplikasi adalah komoditas spesifik dan harus dilakukan dengan tepat agar terhindar dari panas kerusakan, terutama pada tanaman yang mudah rusak. Setelah selesai pengobatan, penting untuk mengurangi suhu ke yang direkomendasikan tingkat penyimpanan dan/atau pengangkutan.

- Banyak tanaman tropis terkena udara panas dan lembab (40-50°C ke atas hingga 8 jam) atau uap air untuk mencapai suhu pulp yaitu mematikan bagi serangga. Udara panas dapat ditoleransi dengan baik oleh mangga, jeruk bali, jeruk pular, belimbing, kesemek dan pepaya. Begitu pula dengan uap perawatan telah digunakan untuk jeruk bali, jeruk, mangga, lada, terong, pepaya, nanas, tomat, dan zucchini.
- Penyakit buah mangga yang umum, antraknosa, bisa berhasil dikontrol dengan mencelupkan pada suhu 55°C selama kurang lebih 5 menit.

Tabel 21. Pengendalian penyakit pasca panen dengan mikroba

Nama Produk	Agen mikroba	Penyakit target	Komoditas
AQ-10 biofungicide	<i>Ampelomyces quisqualis</i> Cesati ex Schlechtendahl	<i>Powdery mildew</i>	Apel, anggur, strawberi, tomat, dan mentimun
Aspire	<i>Candida oleophila</i> strain 1-182	<i>Blue, gray, and green molds</i>	Apel, pir dan jeruk
Biosave 10LP, 110	<i>Pseudomonas syringae</i> (strain 10 LP, 110)	<i>Blue and gray mold, mucor, and sour rot</i>	Apel, pir, jeruk, ceri, dan kentang
Blight Ban A 506	<i>Pseudomonas fluorescence</i> A 506	<i>Fire blight and soft rots</i>	Apel, pir, strawberi dan kentang
Contans WG, Intercept WG	<i>Coniothyrium minitans</i> Campbell	<i>Basal and neck rots</i>	Bawang bombay
Messenger	<i>Erwinia amylovora</i> (Burrill) Winslow et al	<i>Fire blight</i>	Sayuran
Rhio-plus	<i>Bacillus subtilis</i> FZB 24	<i>Powdery mildew and root rots</i>	Kentang dan sayuran lain
Serenade	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Powdery mildew, late blight, brown rot and fire bligh</i>	Apel, pir, anggur dan sayuran

Sumber : Sharma, et al. (2009).

E. Pengendalian dengan Mikroba Antagonis

Penyakit pascapanen sangat merusak hasil pertanian, terutama buah dan sayur yang dipanen selama transportasi dan penyimpanan. Kerugian yang disebabkan oleh pembusukan pascapanen biasanya diatasi dengan fungisida sintetis. Namun, metode pengendalian pembusukan pascapanen yang lebih aman dan ramah lingkungan sekarang menjadi tren. Penggunaan mikroorganisme antagonis telah menjadi tren global. Salah satu alternatif untuk mengurangi efek negatif pestisida kimia sintetis pada lingkungan, tanaman budidaya, dan konsumen adalah dengan menggunakan mikroba antagonis untuk mengendalikan patogen tumbuhan. Beberapa penyakit pascapanen kini dapat dikendalikan oleh antagonis mikroba (Tabel 21). Pengendalian hayati atau biological control adalah istilah yang sekarang populer untuk pengendalian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Conway, W.S., Leverentz, B., Janisiewicz, W.J., Blodgett, A.B., Saftner, R.A., Camp, M.J., 2004. Integrating heat treatment, biocontrol and sodium bicarbonate to reduce postharvest decay of apple caused by *Colletotrichum acutatum* and *Penicillium expansum*. *Postharvest Biology and Technology* 34 (1), 1–20.
- Conway, W.S., Leverentz, B., Janisiewicz, W.J., Blodgett, A.B., Saftner, R.A., Camp, M.J., 2005. Improving biocontrol using antagonist mixtures with heat and/or sodium bicarbonate to control postharvest decay of apple fruit. *Postharvest Biology and Technology* 36 (3), 235–244.
- Conway, W.S., Janisiewicz, W.J., Leverentz, B., Saftner, R.A., Camp, M.J., 2007. Control of blue mold of apple by combining controlled atmosphere, an antagonist mixture, and sodium bicarbonate. *Postharvest Biology and Technology* 45 (3), 326–332.
- Cook, D.W.M., Long, P.G., Ganesh, S., 1999. The combined effect of delayed application of yeast biocontrol agents and fruit curing for the inhibition of the postharvest pathogen *Botrytis cinerea* in kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology* 16 (3), 233–243.

- Janisiewicz, W.J., Saftner, R.A., Conway, W.S., Yoder, K.S., 2008. Control of blue mold decay of apple during commercial controlled atmosphere storage with yeast antagonists and sodium bicarbonate. *Postharvest Biology and Technology*. 49 (3), 374–378
- Moline, HE. 1984. Postharvest Pathology of Fruits and Vegetables: Postharvest Losses in Perishable Crops. U.C. Bulletin 1914, University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, California 94608.
- Obagwu, J., Korsten, L., 2003. Integrated control of citrus green and blue molds using *Bacillus subtilis* in combination with sodium bicarbonate or hot water. *Postharvest Biology and Technology* 28 (1), 187–194
- Parvathi, D., & Reddy, V. K. (2020). Studies on postharvest diseases of vegetables and fruits of three markets in Warangal town, Telangana state, India. *The Journal of Indian Botanical Society*, 99(1and2), 36-45.
- Sharma, R. R., Singh, D., & Singh, R. (2009). Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables by microbial antagonists: A review. *Biological control*, 50(3), 205-221
- Shewfelt, R.L. 1986. Postharvest treatment for extending shelf life of fruits and vegetables. *Food Technology* 40(5):7078, 89.
- Soesanto, L. 2020. *Penyakit Pascapanen- Pengantar Ilmu Penyakit Pascapnaen secara menyeluruh: Sejak Prapanen, Saat Panen, dan Pascapanen*. Lily Publisher. Yogyakarta
- Spadaro, D., Garibaldi, A., Gullino, M.L., 2004. Control of *Penicillium expansum* and *Botrytis cinerea* on apple combining a biocontrol agent with hot water dipping and acibenzolar-S-methyl, baking soda, or ethanol application. *Postharvest Biology and Technology* 33 (2), 141–151.
- Sudheer, K. P., & Indira, V. (2007). *Post harvest technology of horticultural crops* (Vol. 7). New India Publishing
- Susetyo, H. P. (2023). Menyiasati Kehilangan Hasil Dengan Penanganan Penyakit Pascapanen. *Buletin Teknologi & Inovasi Pertanian*, 2(1), 10-14.

- Usall, J., Teixido, N., Fons, E., Vinas, I., 2000. Biological control of blue mold on apple by a strain of *Candida sake* under several controlled atmosphere conditions. *International Journal of Food Microbiology* 58, 83–92
- Zhang, H., Zheng, X., Wang, L., Li, S., Liu, R., 2007b. Effect of antagonist in combination with hot water dips on postharvest *Rhizopus* rot of strawberries. *Journal of Food Engineering* 78, 281–287.

LATIHAN SOAL

1. Kenapa pra panen dan panen merupakan tahapan yang perlu diperhatikan dalam pengendalian patologi pascapanen?
2. Sebutkan cara pengendalian patologi pascapanen!
3. Dari jawaban no 2, pilih salah satu cara yang cocok diterapkan pada petani di pelosok! Sertakan alasannya!

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 7

PERLAKUAN-PERLAKUAN PASCAPANEN

Prinsip dasar dalam proses peningkatan umur simpan adalah mengendalikan atau meminimalkan laju respirasi dan pembusukan. Sehingga harus dipastikan bahan hasil pertanian yang diberi perlakuan harus bebas dari cacat.

Tabel 22. Perlakuan-perlakuan pasca panen di beberapa komoditas

Perlakuan	Komoditas					
	Buah	Sayur	Serealia	Umbi	Kacang2an	Rempah
Pembersihan/ Pencucian	v	v	v	v	v	v
Sortasi	v	v	v	v	v	v
Perontokan/ Pemipilan			v		v	v
Pengeringan			v		v	v
Curing				v		
Pelilinan	v	v		v		
Pematangan	v					
Degreening	v	v				
Grading	v	v	v	v	v	v
Pengemasan/ Pengepakan	v	v	v	v	v	v

A. Perlakuan Umum

Perlakuan pasca panen berikut ini merupakan kegiatan yang secara umum diterapkan untuk seluruh pangan segar asal tumbuhan.

1. Pencucian

Pencucian diperlukan untuk hampir semua produk pertanian yang telah dipanen karena banyaknya kontaminasi fisik, terutama debu atau tanah. Pencucian dilakukan untuk menghilangkan kotoran dan sisa pestisida, seperti fungisida atau insektisida. Namun, komoditas dengan tekstur lunak tidak dicuci karena mudah terluka atau rusak. Beberapa hal yang perlu diperhatikan ketika pencucian:

- Gunakan standar baku mutu air minum untuk mencuci guna menghindari kontaminasi terhadap produk dari organisme serta bahan pencemar lainnya.
- Pencucian sekaligus dapat menurunkan panas lapang atau berfungsi sebagai *pre cooling*.
- Pencucian buah, umbi, dan rimpang biasanya dilakukan bersamaan dengan penyikatan menggunakan sikat yang lembut sehingga tidak melukai komoditi yang dicuci.
- Pasca pencucian ditiriskan dengan alat penirisan (*spinner*) atau hembusan angin kearah komoditas yang telah dicuci.

Pencucian dapat dikombinasikan dengan pengendalian penyakit hama pasca panen. Pencucian ini biasanya menggunakan air, tetapi untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, tambah klorin ke dalam air untuk menghilangkan mikroba dengan lebih baik. Sebagai contoh, untuk mencegah *crown rot* dari menjalar ke buah pisang, air pencucian dapat ditambahkan chlorin berupa natrium hipochlorit (75-125 ppm) untuk membunuh spora *Fusarium*, *Cholletotrichum*, dan *Botryodiplodia* (Prabawati, dkk., 2008). Selain dengan bahan kimia, pencucian dapat juga dengan menggunakan air panas, akan tetapi harus diperhatikan suhu dan waktu pencuciannya, contohnya perendaman mangga Gedong dalam air panas (53 ± 1 °C) dapat menghilangkan getah dan menunda timbulnya gejala penyakit antraknosa sampai 12 hari dengan suhu simpan $16,1 \pm 1$ °C (Ilmi dkk, 2015).



Gambar 24. Kegiatan pembersihan a) dengan mesin yang dilengkapi dengan sikat, dan b) dengan air yang diberi chlorin

(Sumber foto : <https://jatim.idntimes.com/news/jatim/mohamad-ulil/juragan-pisang-cavendish-asal-banyuwangi-per-hektar-untung-rp250-juta>)

2. *Dressing*

Pembuangan, pemangkasan dan pemotongan semua daun/batang/ tangkai/akar/ yang tidak diinginkan bagian lain yang tidak dapat dimakan atau tidak dapat dipasarkan disebut dressing. Dressing dilakukan agar bahan hasil pertanian menarik dan berharga.

- Pemangkasan dilakukan terutama pada sayuran dan bunga untuk dihilangkan bagian yang tidak diinginkan, berubah warna, membusuk dan dirusak serangga (misalnya kubis, kembang kol, bayam, selada, mawar, krisan, gladiol, sedap malam dll.) atau bagian yang mungkin menyebabkan kerusakan atau kerusakan pada penanganan selanjutnya.
- Pada tanaman anggur, pemangkasan tandan dilakukan untuk menghilangkan bagian yang terlalu kecil, buah beri yang belum matang, kering, terbelah dan rusak. Pemangkasan dan penghapusan bagian yang membusuk sebaiknya dilakukan sebelum dicuci.
- Pemangkasan meningkatkan kualitas visual, meminimalkan kehilangan air dan proses kerusakan lainnya.
- Pemangkasan mengurangi kemungkinan penyakit atau penyebarannya, dan memfasilitasi pengemasan dan penanganan, serta mengurangi kerusakan pada produk lainnya.



Gambar 25. Kubis yang belum dilakukan pemangkasan daun terluar.
(Sumber foto : <https://id.wikipedia.org/wiki/Kubis>)

3. Sortasi

Mutu komoditas hasil pertanian menentukan nilai ekonominya. Oleh karena itu, proses sortasi harus dilakukan untuk membedakan komoditas berkualitas rendah dari yang berkualitas tinggi. Ukuran, tingkat kematangan, kerusakan, lecet, memar, busuk, dan warna adalah beberapa faktor yang menentukan perbedaan tersebut. Perilaku sortasi juga bergantung pada tujuan atau lokasi pemasarannya; contohnya, pasar swalayan, restoran, atau hotel.



Gambar 26. Contoh buah duku yang lecet yang harus disortasi.
(Sumber foto : <https://postharvestnotes.wordpress.com/tag/duku/>)

4. Pemipilan

Pemipilan merupakan salah satu kegiatan pascapanen jagung yang tergolong kritis, karena dapat menyebabkan kehilangan hasil hingga 4%. Pada proses pemipilan menggunakan alat, kadar air biji sangat memengaruhi kapasitas alat dan mutu hasil pipilan (butir pecah dan kadar kotoran). Pemipilan disarankan dilakukan saat kadar air biji jagung berkisar antara 15-20%. Jika ada lebih banyak air dalam jagung yang dipipil, kapasitas pipilan akan menjadi lebih rendah, dan persentase butir pecah dan kotoran akan meningkat.

Pemipilan biji jagung mempercepat pengeringan dan menghilangkan kotoran dan butir rusak. Apabila tanaman sudah mencapai umur panen yang ditentukan dan kadar air biji rendah pada saat panen (<18%), proses pemipilan akan mudah dan kualitas pipilan akan tinggi. Seperti kegiatan pengeringan, pemipilan jagung dapat dilakukan secara manual dengan tangan atau secara mekanis dengan bantuan alat-mesin.

Proses pemipilan manual dilakukan dengan memipil biji dari tongkolnya satu per satu, baik dengan tangan maupun dengan bantuan alat sederhana. Pemipilan biji dengan tangan tidak akan terjadi kerusakan fisik biji meskipun pada saat pemipilan kadar air biji tinggi (>30%). Pemipilan biji dengan tangan biasanya digunakan untuk menyediakan benih. Kerugian metode ini adalah waktu yang lama dan membutuhkan banyak pekerja.



Gambar 27. Contoh proses a) perontokan dan b) pemipilan menggunakan mesin.

(Sumber foto : a. <https://simplenews05.blogspot.com/2014/04/bagian-bagian-dan-spesifikasi-mesin.html> dan b. <https://simplenews05.blogspot.com/2014/04/bagian-bagian-dan-spesifikasi-mesin.html>)

5. Pengeringan

Pengeringan adalah proses menurunkan kadar air biji atau sereal yang aman untuk disimpan. Kadar yang aman untuk disimpan adalah sekitar 12–14 persen. Saat biji dikeringkan, panas dari media pengering menguap pada biji, sehingga uap air lepas dari permukaan biji ke area di sekitar pengering (Brooker *et al.*, 1991).

Untuk mencegah biji pecah, pengeringan diperlukan sebelum pemipilan. Untuk tujuan ini, kadar air biji harus diturunkan menjadi kurang dari 20%. Kadar pengeringan harus mencapai 12–14% untuk memastikan bahan dapat disimpan dengan baik, menghindari hama dan kontaminasi mikotoksin oleh cendawan, mempertahankan volume dan bobot bahan, dan memudahkan penyimpanan (Handerson and Perry 1982).

Jagung yang dikeringkan dengan menggunakan alat pengering segera setelah panen mempunyai tingkat infeksi cendawan hanya 9-10%. Oleh sebab itu, pengeringan harus dilakukan secepatnya setelah panen jika cuaca mendukung. Namun, jika cuaca tidak mendukung dan petani tidak memiliki fasilitas pengering, mutu produk akan rendah.

6. Grading

Grading hampir sama dengan sortasi. Kalau sortasi adalah pemisahan/pengelompokan berdasarkan mutu yang erat kaitannya dengan kondisi fisik (busuk, lecet, memar) bahan sedangkan grading lebih kearah nilai estetikanya (warna, dimensi). Dalam hal tertentu misalnya tingkat kematangan, sortasi dan grading memiliki standar yang sama. Kombinasi keduanya menghasilkan standar mutu sayuran dimana ada jenis sayuran memiliki 1 atau lebih standar mutu. Pada Tabel 23 diperlihatkan contoh standar mutu buah strawberry.



Gambar 28. Proses pengeringan a) secara manual dan b) menggunakan alat pengering solar hybrid.

(Sumber foto : a. <https://www.antarafoto.com/id/view/73973/kacang-tanah> dan b. <https://www.unika.ac.id/news/media-massa/online/tim-dosen-unika-kembangkan-mesin-pengering-tenaga-surya-untuk-petani-di-kelurahan-jatirejo-semarang/>)

Tabel 23. Klasifikasi dan standar mutu buah stroberi berdasarkan SNI No 8026 Tahun 2014 dan Commission Implementing Regulation (2011)

Kelas mutu	Acuan Mutu	
	SNI 8026:2014	Comission Implementing Regulation (2011)
Persyaratan kualitatif		
Super/Ekstra	Bebas dari cacat/kerusakan kecuali cacat yang sangat kecil	Berkualitas tinggi, harus tampak cerah, bebas dari tanah, bebas dari cacat dengan pengecualian (cacat superfisial) yang sangat sedikit, asalkan tidak mempengaruhi tampilan umum produk, kualitas, dan presentasi dalam kemasan
Kelas 1	Cacat/kerusakan yang diperbolehkan sebagai berikut: 1. sedikit perubahan bentuk 2. adanya warna putih yang tidak melebihi 10% dari total permukaan	Berkualitas baik, sedikit cacat asalkan tidak mempengaruhi tampilan produk, sedikit cacat bentuknya, bercak putih kecil tidak lebih dari sepersepuluh dari total luas permukaan buah, sedikit cacat permukaan dan terbebas dari tanah.
Kelas 2	Cacat/kerusakan yang diperbolehkan sebagai berikut: 1. sedikit perubahan bentuk 2. adanya warna putih yang tidak melebihi 15% dari total permukaan	Strawberry yang tidak memenuhi persyaratan kelas super dan kelas 1 namun memenuhi persyaratan minimum. Bentuk cacat diperbolehkan, bercak putih tidak melebihi seperlimabelas dari total luas permukaan buah, sedikit memar yang tidak menyebar dan sedikit tanah menempel

Pesyaratan kuantitatif		
Super/Ekstra	Bobot buah >20 g	Dimensi/diameter buah minimal 25 mm
Kelas 1	Bobot buah >10-20 g	Dimensi/diameter buah minimal 18 mm
Kelas 2	Bobot buah 12-15 g	Dimensi/diameter buah minimal 18 mm
Toleransi mutu minimum		
Super/Ekstra	5%	5%
Kelas 1	10%	10%
Kelas 2	10%	10%

Sumber : Mutu (2019)

7. Pengemasan dan Pengepakan

Pengemasan dilakukan secara bertahap dimana pada tahap pertama (primer) dimana sayuran dikemas dengan bahan plastik atau kertas agar bahan terhindar dari kerusakan akibat gesekan atau benturan sesama bahan maupun dengan benda lain sehingga mutunya dapat tetap dipertahankan. Selanjutnya dilakukan tahap kedua (sekunder) dimana sayuran dikemas karton atau kotak kayu. Selanjutnya karton atau kotak kayu tersebut disimpan di atas suatu pallet untuk kemudian dikirim ke ruang pendingin.

Persyaratan Pengemas yang Ideal

- Pengemas harus mempunyai kekuatan mekanik yang cukup untuk melindungi isinya selama penanganan, transportasi dan penumpukan
- Pengemas seharusnya tidak terpengaruh oleh kadar air, saat basah dan RH tinggi untuk kekuatannya
- Produk segar distabilkan dan dipastikan aman dari pergerakan di dalam kemasan saat menangani
- Bebas dari bahan kimia yang dapat berpindah ke produk dan mencemari atau menjadi racun bagi produk atau manusia
- Memenuhi persyaratan penanganan & pemasaran dalam hal berat (ringan), ukuran dan bentuknya (persegi panjang)

- f. Produk segar yang dikemas dapat mendingin dengan cepat, dan/atau berikan tingkat insulasi dari panas/dingin luar
- g. Penghalang gas (misalnya film plastik) diberikan dengan permeabilitas yang cukup terhadap gas pernapasan untuk menghindari risiko anaerobiosis (ventilasi) dan bau tidak sedap
- h. Pengemas harus mudah untuk dirakit, diisi dan ditutup baik dengan tangan atau dengan menggunakan sebuah mesin sederhana
- i. Pengemas harus dipastikan dapat memberi keamanan isi, dan/atau kemudahan pembukaan dan penutupan dalam beberapa situasi pemasaran (misalnya aktivitas promosi)
- j. Pengemas memfasilitasi pembuangan, penggunaan kembali, atau daur ulang dengan mudah
- k. Pengemas harus mudah diangkut saat kosong dan menempati lebih sedikit ruang daripada saat penuh, misal kotak plastik yang bersarang satu sama lain saat kosong, peti plastik yang dapat dilipat, kotak kardus, fiber atau kertas atau plastik karung.
- l. Pengemas mudah disediakan.



Gambar 29. Contoh kemasan karton yang ideal untuk mengemas buah segar

(Sumber foto : <https://repack.id/blog/cara-packing-buah-untuk-dikirim/>)

Kemasan Ramah Lingkungan (*Natural Material*)

Kemasan ramah lingkungan biasanya berupa keranjang dan wadah tradisional lainnya terbuat dari bambu, rotan, jerami, daun lontar, dll. Baik bahan baku maupun biaya tenaga kerja dalam pembuatannya relatif rendah dan jika wadahnya dibuat dengan baik, wadah tersebut dapat digunakan kembali (Gambar 30). Kekurangan dari kemasan alami:

- a. Sulit dibersihkan bila terkontaminasi organisme pembusuk.
- b. Kurang kaku dan berubah bentuk ketika ditumpuk dalam jarak jauh mengangkut.
- c. Memuat dengan buruk karena bentuknya.
- d. Menyebabkan kerusakan tekanan ketika terisi penuh.
- e. Seringkali tepinya tajam atau serpihannya menyebabkan sayatan dan tusukan kerusakan.



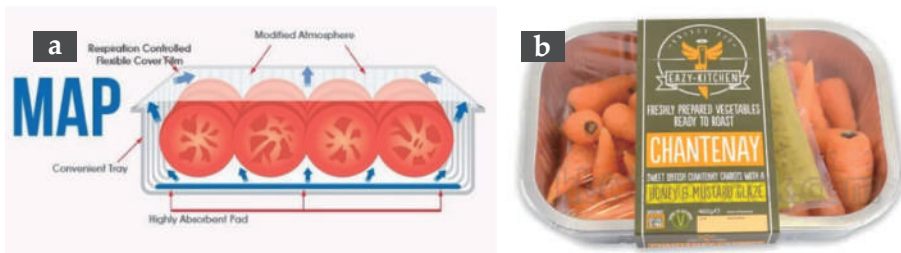
Gambar 30. Keranjang bambu sebagai contoh kemasan alami

(Sumber foto : <https://memorandum.disway.id/read/79642/5-daerah-penghasil-mangga-terbanyak-di-jawa-timur>)

Kemasan Modern

MAP (*Modified Atmosphere Packaging*)

Pengemasan dengan atmosfer termodifikasi menggunakan plastik atau film yang memiliki permeabilitas tertentu yang membatasi pertukaran gas. Secara mekanisme, MAP ini diterapkan dengan mengurangi konsentrasi oksigen atau peningkatan konsentrasi karbon dioksida di dalam kemasan, sehingga dapat menunda pemasakan buah atau sayur, juga menekan laju respirasi dan produksi etilen. Karakteristik kimia (seperti jenis polimer) atau fisik (seperti ketebalan film dan lubang di dalamnya) dapat mengontrol konsentrasi gas (O_2 dan CO_2) di atmosfer sekitar komoditas tersebut. Fluks oksigen dan CO_2 melalui lubang tersebut secara proporsi besarnya lebih besar daripada uap air dan fluks C_2H_4 karena fluksnya didorong oleh konsentrasi yang relatif besar gradien. Oksigen berdifusi lebih cepat daripada CO_2 melalui lubang karena sifatnya koefisien difusi parutan. Sebaliknya, semua film plastik relatif lebih banyak permeabel terhadap CO_2 dibandingkan O_2 . Baik CO_2 maupun O_2 (gas reaktif) digosok secara kimia dari kemasannya dan diisi dengan gas inert seperti N_2 .



Gambar 31. Visualisasi a) Mekanisme MAP dan b) contoh kemasan MAP

(Sumber foto : <https://id.kbtfoodpack.com/food-related-technology/10-questions-to-ask-before-launching-map-modified-atmosphere-packaging-for-your-food-business/>)

Kemasan Aktif

Definisi kemasan aktif diartikan sebagai pengemas yang memiliki peran tertentu seperti menurunkan kadar oksigen, penyerap kadar etilen, penyerap air, bahan antimikroba. Salah satu contoh kemasan aktif adalah *silica gel*, yang sering kita lihat dalam kemasan makanan.

Gel silica berfungsi untuk menyerap kelembaban, yang dapat memicu pertumbuhan mikroba. Pengemasan aktif mengubah kondisi pengemasan untuk memperpanjang umur simpan produk dan melindunginya dari efek buruk dari lingkungan di luar kemasan.

Tabel 24. Permeabilitas gas dan laju transmisi air (*Water Transmission Rate-WTR*) polimer film tersedia untuk kemasan produk MAP (*Modified Atmosphere Packaging*)

Film	Permeabilitas ($\text{cm}^3/\text{m}^3 \text{ d atm}$) untuk 26 μm film pada 25 $^{\circ}\text{C}$			WTR ($\text{g}/\text{m}^2/\text{day}/\text{atm}$) 38 $^{\circ}\text{C}$, 90% RH
	O_2	N_2	CO_2	
Ethylene-vinyl alcohol (EVAL)	3-5	-	-	16-18
PVdC-PVC copolymer (saran)	9-15		20-30	-
Low-density polythene (PE-LD)	7.800	2.800	42.000	18
High-density polyethylene (PE-HD)	2.600	650	7.600	7-10
Polypropylene cast (Ppcast)	3.700	680	10.000	10-12
Polypropylene, oriented (OPP)	2.000	400	8.000	6-7
Polypropylene, oriented, PVdC coated (OPP/PVdC)	10-20	8-13	35-40	4-5
Rigid poly (vinyl chloride) (PVC)	150-350	60-150	450-1000	30-40
Plasticized poly (vinyl chloride) (PVC-P)	500-30.000	300-10.000	1.500-46.000	15-40
Ethylene- vinyl acetate (EVAC)	12.500	4.900	50.000	40-60
Polysterene, oriented (OPS)	5.000	800	18.000	100-125
Polyurethane (PUR)	800-1.500	600-1.200	7.000-25.000	400-600
PVdC- PVC copolymer (Saran)	8-25	2-2,6	50-150	1,5-5
Polyamide (Nylon-6), (PA)	40	14	150-190	84-3.100

Sumber : Soesanto, L. 2020.

Kemasan Cerdas

Kemasan cerdas memiliki indikator yang dapat ditempatkan di dalam atau di luar kemasan untuk menunjukkan tingkat kesegaran atau umur simpan produk yang ada di dalamnya. Indikator seperti derajat keasaman, suhu, dan kesegaran dapat memberi informasi tentang kualitas produk.



Gambar 32. Contoh kemasan cerdas yang disertai dengan indikator kematangan berdasarkan warna kulit buah

(Sumber foto : <https://trubus.id/inovasi-label-pendeteksi-kematangan-buah/>)

B. Perlakuan khusus

Perlakuan khusus pasca panen tidak diterapkan untuk semua bahan hasil pertanian. Beberapa perlakuan khusus pasca panen yang sering diterapkan pada pangan segar asal tumbuhan:

1. Curing Umbi

Kegiatan ini dilakukan terhadap umbi yang mengalami kerusakan kulit. Umbi seperti kentang, bawang merah, bawang putih, ubi jalar biasanya diberi perawatan curing sebelum disimpan atau dipasarkan. Tujuannya adalah untuk membuat permukaan kulit yang terluka atau tergores tertutup kembali. Hal ini biasanya dicapai dengan membiarkan bahan pada suhu ruang selama beberapa hari. Menjemur bawang merah atau bawang putih dengan sinar matahari adalah cara lain untuk curing.

Tabel 25. Kondisi optimal curing di beberapa umbi-umbian

Jenis umbi	Suhu ° (C)	RH (%)	Jumlah hari untuk curing
Kentang	13-17	>85	7-15
Ubi Jalar	27-33	>90	5-7
Yam	32-40	>90	1-4
Singkong	30-35	>80	4-7
Bawang putih dan bawang bombay	35-45	60-75	0,5-1

Sumber : Sudheer & Indira (2007).

Proses curing dapat diaktifkan dengan suhu rata-rata dibawah suhu ruangan dan kelembaban yang tinggi. Sebagai contoh, ubi jalar diproses pada suhu 32,8°C dengan humiditas relatif 95–97%; sebaliknya, kentang dapat diproses dalam dua tahap, yaitu pada suhu 18 °C selama dua hari dan pada suhu 7–10 °C selama satu minggu, dengan RH 90-95%. Pengaruh curing selama 6 minggu terhadap kenampakan komoditas bawang merah dapat dilihat Gambar 34.



Gambar 33. Metode curing a) curing di lahan dan b) curing ruangan (Sumber foto : Ministry of Fisheries, Crops and Livestock New Guyana Marketing Corporation National Agricultural Research Institute. 2004.)

Proses curing memberikan keuntungan lain yakni menurunkan kadar air yang dapat mencegah pertumbuhan kapang. Manfaat dari curing diantaranya:

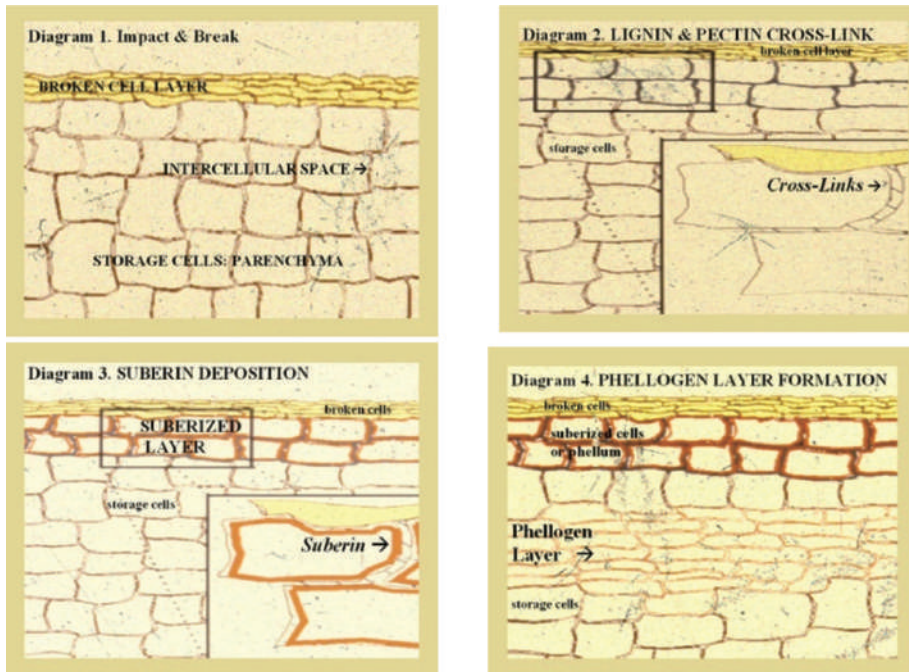
- Curing membantu dalam penyembuhan luka panen dan penanganan luka melalui kulit pengerasan
- Pengerasan kulit dapat mengurangi kehilangan air (dehidrasi)
- Curing mencegah infeksi dari patogen (infeksi bakteri dan jamur), sehingga mengurangi kemungkinan pembusukan
- Curing dapat meningkatkan rasa dan mempengaruhi tekstur, menjadi lembut dan lebih enak. Hal ini dikarenakan pati dalam umbi diubah menjadi gula selama curing.
- Umbi yang dicuring lebih tahan lama dan tidak mudah rusak selama penanganan dan pengangkutan karena penebalan kulit sehingga tidak mudah memar.



Gambar 34. Kenampakan umbi bawang merah hasil curing selama penyimpanan 6 minggu (Djali & Rachmat, 2013).

Mekanisme Curing

- Curing pada umbi dimulai dengan pengendapan suberin pada parenkim sel tepat di bawah area umbi yang rusak.
- Suberin (zat lilin tahan air yang banyak ditemukan di dinding sel tumbuhan, terutama yang bersifat gabus) merupakan kelompok asam lemak yang memberikan perlindungan awal pada umbi terhadap kehilangan air dan infeksi.
- Selanjutnya, di bawah sel-sel yang mengalami suberisasi terdapat lapisan sel yang meristematik terbentuklah periderm yang disebut juga kambium gabus (Gambar 35). Ini menghasilkan sel-sel baru yang menutup area yang rusak. Namun proses ini bergantung pada suhu dan kelembapan.

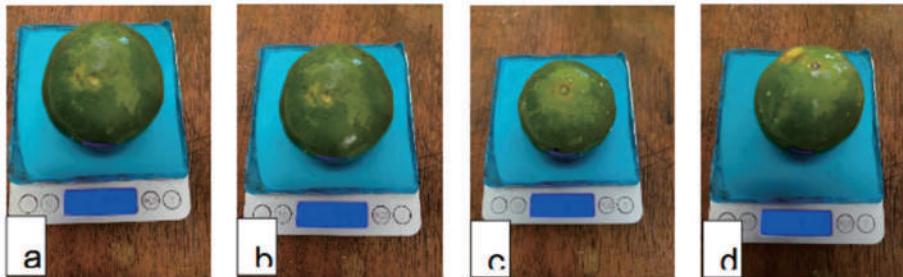


Gambar 35. Mekanisme penyembuhan kulit umbi selama proses curing

Sumber foto: https://cropwatch.unl.edu/potato/wound_healing_process

2. Pelilinan Buah, Sayur, dan Umbi

Tingkat kesukaan konsumen terhadap hortikultura dapat dipengaruhi warna komoditas. Berbagai upaya telah dilakukan agar kenampakan komoditas tersebut dapat semakin menarik. Salah satu cara yang dilakukan adalah pemberian lapisan lilin atau pelilinan (*waxing*). Beberapa jenis bahan hasil pertanian terutama sayuran, buah, dan umbi kadang-kadang diberi perlakuan pelilinan dengan tujuan untuk meningkatkan kilap, sehingga penampakkannya akan lebih disukai oleh konsumen. Selain itu, luka atau goresan pada permukaan buah dapat ditutupi oleh lilin. Namun demikian pelilinan harus dilakukan sedemikian rupa agar pori-pori buah tidak tertutupi sama sekali agar tidak terjadi proses anaerobik dalam sayuran. Proses anaerobik dapat mengakibatkan terjadinya fermentasi yang dapat mempercepat terjadinya pembusukan.



Gambar 36. Penampakan buah jeruk yang dilapisi dengan lilin untuk mempertahankan mutu (Sudarwan, dkk. (2024).

Bahan yang dipakai dalam pelilinan adalah yang bersifat pengemulsi (*emulsifier*) yang berasal dari campuran tidak larut lilin-air dan yang lainnya adalah larutan lilin-air (*solvent wax*). Bahan yang bersifat pengemulsi ini lebih banyak digunakan karena lebih tahan terhadap perubahan suhu dibandingkan dengan larutannya yang mudah terbakar. Selain itu, penggunaan emulsi lilin-air tidak mengharuskan dilakukannya pengeringan buah terlebih dahulu setelah proses pencucian. Untuk menjaga buah dari serangan mikroba, maka ke dalam emulsi lilin-air dapat ditambahkan bakterisida atau fungisida.

Tabel 26. Kelebihan dan Kelemahan Pelilinan

Kelebihan	Kelemahan
Peningkatan penampilan	Rasa tidak enak jika tidak diterapkan dengan benar.
Mengurangi hilangnya kelembaban dan menghambat layu dan menyusut selama penyimpanan	
Mengurangi penurunan susut bobot	Perubahan ini disebabkan oleh terhambatnya pertukaran O ₂ dan CO ₂ dengan demikian, menghasilkan respirasi anaerobik dan peningkatan etanol dan kandungan asetaldehida
Mencegah <i>chilling injury</i> dan pencoklatan	
Melindungi produk dari memar	
Mengurangi laju respirasi	
Melindungi dari infeksi mikrobiologis	
Peningkatan umur simpan	

Sumber : Sudheer & Indira (2007).

Jenis-Jenis Lilin

Spesifikasi lilin yang dipakai harus dipastikan berasal dari *food grade*, pengeringan cepat, harga bersaing dan pembersihannya mudah. Bahan lilin juga harus memberikan kilau yang tahan lama. Berdasarkan jenisnya, lilin dibedakan menjadi dua yakni lilin alami dan buatan.

a. *Waxing* Alami

Pada tanaman ketika buah mencapai tahap yang diinginkan (setelah matang), secara alami akan terbentuk lapisan tipis zat berwarna keputihan yang disebut *waxing* alami. Lilin alami terlihat jelas pada buah dan hilang setelah panen karena penanganan berulang kali buah. Contoh: apel, pir, plum, mangga, dan anggur.

b. *Waxing* Buatan

Untuk memperpanjang umur simpan beberapa produk buah dan sayuran dicelupkan ke dalam emulsi lilin dan kemudian dikeringkan beberapa menit. Proses ini menghasilkan lapisan tipis (<1 μ) lilin buatan pada kulit produk dimana pori-pori kecil yang ada pada kulit berada menutupi seluruhnya dan mengurangi proses transpirasi dan respirasi yang dihasilkan dalam peningkatan umur simpan. Lilin buatan juga memberikan kilau yang baik dan kilau pada produk, yang meningkatkan nilai pasarnya. Lilin buatan seperti lilin pelarut, lilin

air dan lilin pasta atau minyak digunakan. Jenis-jenis emulsi lilin- air yang biasa digunakan antara lain adalah lilin tebu (*sugarcane wax*), lilin karnauba (*carnauba wax*), terpen resin termoplastik, shellac, sedangkan emulsifier yang banyak digunakan adalah tri-etanolamin dan asam oleat.

Metode Pelilinan

Ada beberapa cara pelilinan dengan memakai emulsi lilin-air pada sayuran buah adalah dengan cara pembusaan (*foaming*), penyemprotan (*spraying*), pencelupan (*dipping*). Kinerja *waxing* tergantung pada metode pengaplikasiannya. Pada saat pelilinan, buah-buahan harus lembab kering sebelum aplikasi lilin untuk mencegah pengenceran. Metode berikut ini umum dilakukan digunakan.

a. *Spraying* (Penyemprotan)

Metode ini merupakan metode yang paling umum digunakan akan tetapi penyemprotan cenderung membuang-buang lilin, namun dapat diperoleh kembali dalam wadah penampung. Buah-buahan dan sayuran yang bergerak pada *roller conveyor* disemprot dengan lilin air emulsi. Produk yang diberi lilin dikeringkan dalam arus udara pada suhu 55°C. Ada dua jenis *spray waxing* yaitu penyemprotan tekanan rendah dan atomisasi tekanan tinggi.

b. *Dipping* (Pencelupan)

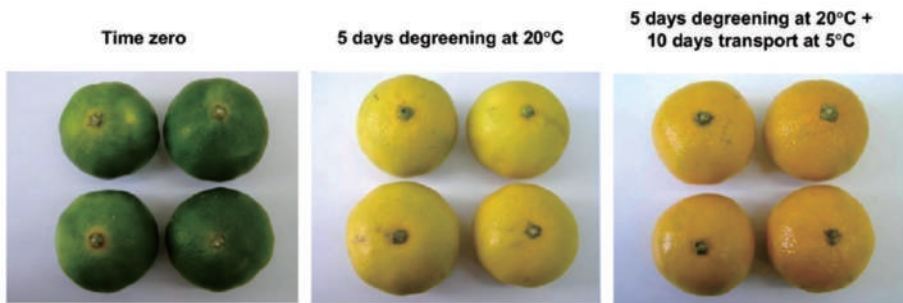
Pada metode ini, buah dicelupkan ke dalam air emulsi lilin sesuai kebutuhan konsentrasi selama 30 hingga 60 detik. Buah-buahan atau sayur-sayuran bisa saja diberi lilin dengan menyimpannya di dalam kotak kawat yang menampung sekitar 100 buah (30 kg) dan dicelupkan ke dalam tangki berkapasitas 30 liter yang berisi emulsi lilin. Itu buah-buahan kemudian dikeluarkan dan dibiarkan kering di bawah kipas angin listrik atau di dalam udara terbuka atau dengan udara hangat pada suhu 54 hingga 55°C. Produknya seharusnya dibalik secara berkala saat dikeringkan.

c. *Foaming* (Pembusaan)

Pembusaan adalah cara pelilinan yang baik karena membentuk lapisan lilin yang sangat tipis pada buah setelah airnya habis menguap. Generator busa dipasang di atas kepala sikat yang sesuai, dan air dioleskan ke buah atau sayuran di dalamnya busa busa.

3. Penghilangan Warna Hijau (*Degreening*)

Proses penghilangan warna hijau, juga dikenal sebagai *degreening*, hanya digunakan untuk sayuran dan buah agar warnanya lebih seragam dan konsisten (lihat Gambar 37). Gas etilen atau asetilen dapat digunakan untuk melakukan proses ini. Tingkat kematangan buah dan kecepatan dekomposisi klorofil menentukan berapa lama proses penghilangan warna hijau berlangsung. Buah hijau terang dan cukup tua biasanya memiliki proses yang lebih pendek. Untuk proses ini, suhu optimal adalah 80°C dengan kelembaban udara sekitar 85–92%. Ini diperlukan karena kelembaban yang terlalu tinggi menyebabkan kondensasi, yang memperlambat proses dan meningkatkan pembusukan buah, sedangkan kelembaban rendah menyebabkan pengkerutan, keretakan, dan pecahnya kulit buah.



Gambar 37. Perubahan warna kulit buah jeruk akibat *degreening* selama interval waktu

Sumber foto : [http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOOnline/images/0812/TFSB_2\(SI1\)/TFSB_2\(SI1\)71-76o.pdf](http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOOnline/images/0812/TFSB_2(SI1)/TFSB_2(SI1)71-76o.pdf)

Proses *degreening* tersebut dilakukan dalam ruangan dengan suhu dan kelembaban terkontrol dimana gas etilen murni yang digunakan berkonsentrasi rendah 1:50.000. Secara tradisional, proses *degreening* menggunakan gas karbit atau asap yang dihasilkan dari pembakaran minyak tanah (kerosin). Penggunaan gas etilen pada proses ini didasarkan pada temuan penelitian bahwa etilen membantu hidrolisa stroma plastid dan bahan-bahan yang dapat digunakan untuk respirasi. Klorofil yang tidak terlindungi terhidrolisa oleh enzim klorofilase dan kemudian dioksidasi oleh hidrogen perioksida

dengan bantuan ferrohidroksida sebagai katalisator. Mutu internal buah tidak terpengaruh karena aktivitas hidrolisa terjadi pada lapisan subepidermis.

Metode Degreening

Ada dua metode untuk menghilangkan warna hijau pada buah, diantaranya:

a. Pemaparan dengan Etilen

Degreening dilakukan pada suhu 25-30°C dan 85-95% RH dengan gas etilen diteteskan ke dalam ruangan hingga mencapai 20-30 ppm atau 10 uL L-1 selama 24-72 jam, dengan ventilasi ruangan yang teratur untuk mencegah penumpukan CO₂ dan cedera.

b. Pewarna Buatan

Bila cuaca tidak mendukung pengembangan warna oranye; pewarna yang diizinkan secara hukum dapat digunakan untuk mewarnai kulit buah seperti jeruk, dengan Citrus Red No.2 (1-2 (2,5-dimetoksi fenilazo) 2-naphthol) proses ini disebut sebagai 'Penambahan Warna'. Ini digunakan pada buah matang yang tidak dimaksudkan untuk itu pengolahan. Pewarna diaplikasikan pada buah dengan cara dicelupkan pada suhu 49°C selama 4 menit. untuk jeruk. Cukup dibilas untuk mencegah pendarahan dan toleransi residu adalah 2 ppm atau 2 mg kg-1 buah.

4. Pematangan Buah Klimaterik

Teknik-teknik pematangan buah yaitu:

a. Secara Tradisional

- 1) Pematangan buah dapat dicapai dengan menggunakan daun sederhana yang mengandung banyak air. Buah dimasukkan ke dalam wadah yang telah dilapisi daun, lalu susun buah sampai semuanya tertutup daun. Setelah itu, lakukan lagi sampai semua buah tertutup daun dan biarkan selama beberapa hari. Panas yang dihasilkan oleh fermentasi daun menyebabkan daun menjadi busuk dan rusak.
- 2) Kantong kertas, buah ditaruh di kantong kertas kemudian ditutup dan diperiksa buah setelah beberapa hari kemudian dan untuk mempercepat proses pematangan.

- 3) Pematangan dengan menyimpan dalam beras untuk mempercepat pematangan buah, caranya dengan membenamkan buah di beras untuk mempercepat proses pematangan.
- 4) Pematangan dengan membungkus kain yaitu kain serbet yang bersih atau handuk dapat juga digunakan untuk mematangkan buah. Caranya, tempatkan buah bersama batangnya lalu tutup dengan kain tersebut dan tunggu selama beberapa hari. Hasilnya, buah akan memiliki aroma yang kuat dan tingkat kematangan yang pas.

b. Secara Semi Tradisional

Pemeraman dengan karbit dapat dilakukan dipohon atau sesudah dipanen yang banyak digunakan untuk mempercepat pembersihan makanan olahan seperti tape singkong dan beras ketan, seperti ragi, yang banyak dijumpai ditoko bahan kue. Bahan tersebut cukup ditaburkan atau dioleskan kepermukaan buah-buahan kemudian masukkan kotak penyimpanan sampai buah masak dengan sempurna.

c. Pematangan Secara Kimiawi

Teknik pematangan ini biasanya menggunakan bahan kimia yang memiliki sifat panas dan bisa terbakar, salah satunya adalah karbit. Namun kelemahan dari bahan ini akan menimbulkan bau yang tidak sedap dan bisa jadi akan menimbulkan efek negatif dari bahan kimia ini yang mungkin secara sistematis masuk ke dalam jaringan kulit buah dan menyebabkan kontaminasi kimia ke dalam buah.

Pada penelitian Mubarak dkk (2021), menunjukkan bahwa pemakaian karbit sebagai pemeraman buah pisang lebih cepat merubah tekstur dan warna kulit buah. Pada hari ke-2 pemeraman, pisang sudah melunak dan menghasilkan warna kuning akibat pemeraman dengan karbit. Penambahan karbit mengakibatkan meningkatnya konsentrasi etilen dalam buah sehingga pematangan akan lebih cepat.

Tabel 27. Skor sensori tekstur dan warna buah pisang dengan berbagai cara pemeraman

Parameter	Perlakuan	Hari ke						
		1	2	3	4	5	6	7
Tekstur	Kontrol	1	1	1	2	3	3	4
	Karbid	1	2	3	4	3	5	5
	Vitamin C	1	1	1	3	2	4	3
	Kombinasi daun	1	1	1	2	3	4	5
Warna	Kontrol	1	1	1	2	2	2	4
	Karbid	1	2	2	3	3	4	6
	Vitamin C	1	2	2	2	2	2	3
	Kombinasi daun	1	2	2	3	3	4	5

Sumber : Mubarak, dkk (2021).

Kontrol = tanpa pemeraman

Karbid = ditambahkan karbit (CaC₂) yang sudah dibungkus kain ke dalam plastik dengan konsentrasi 0,5% dari bobot buah

Vitamin C= ditambahkan vitamin C (Vitacimin) sebanyak 1 tablet atau sekitar 500 mg

Kombinasi daun = diberi kombinasi daun mangga dan daun pisang sebanyak 30% dari bobot buah

Keterangan skor

Tesktur : 1= sangat keras, 2= keras, 3=cukup lunak, 4=lunak, 5=sangat lunak

Rasa : 1=hijau, 2=muncul kuning, 3=dominan hijau, 4=dominan kuning, 5=kuning semua kecuali ujung, 6=kuning semua, 7=kuning hingga oren, 8=oren semua

➤ Pentingnya etilen untuk pematangan buah

Etilen secara alami dihasilkan oleh buah dan pada saat pemasakan akan terjadi peningkatan etilen, serta terjadi akumulasi gula, perombakan klorofil dan senyawa lain sehingga buah menjadi lunak. Etilen memainkan peran penting, seringkali merugikan karena meningkatkan laju *senescence* dan mengurangi masa simpan, dan kadangkala menguntungkan, dalam meningkatkan kualitas buah dan sayuran melalui percepatan dan penyeragaman *ripening*

(pemasakan) sebelum dipasarkan. Perlakuan etilen terhadap buah non klimakterik akan menyebabkan terjadinya klimakterik yang berulang-ulang.

➤ **Pengaruh suhu terhadap aktivitas etilen dalam pematangan buah-buahan**

Suhu juga berpengaruh terhadap aktivitas etilen. Kerusakan mekanis dan infeksi dapat menyebabkan pembentukan etilen dalam jaringan tanaman. Akibatnya, kerusakan mekanis pada buah-buahan di pohon maupun setelah dipanen dapat mempercepat pematangan.

Produksi etilen juga dipengaruhi oleh faktor suhu dan oksigen. Suhu rendah maupun suhu tinggi dapat menekan produk etilen. Pada kadar oksigen di bawah sekitar 2% tidak terbentuk etilen, karena oksigen sangat diperlukan. Oleh karena itu suhu rendah dan oksigen rendah dipergunakan dalam praktek penyimpanan buah-buahan, karena akan dapat memperpanjang daya simpan dari buah-buahan tersebut.

Aktivitas etilen dalam pematangan buah akan menurun dengan turunnya suhu, misalnya pada apel yang disimpan pada suhu 30 C, penggunaan etilen dengan konsentrasi tinggi tidak memberikan pengaruh yang jelas baik pada proses pematangan maupun pernafasan. Pada suhu optimal untuk produksi dan aktivitas etilen pada buah tomat dan apel adalah 320 C, untuk buah-buahan yang lain suhunya lebih rendah.

Tabel 28. Kondisi pematangan beberapa buah menggunakan etilen pada RH 85-90%

Buah	Konsentrasi etilen (ppm)	Suhu (°C)	Lama perlakuan (jam)
Alpukat	10-100	15-18	12-48
Pisang	100-150	15-18	24
Melon	100-150	20-25	18-24
Mangga	100-150	20-22	12-24
Kiwi	10-100	0-20	12-24
Tomat	100-150	20-25	24-48

Sumber : Sudheer & Indira (2007).

Pada proses pematangan buah terjadi perubahan-perubahan organoleptik yang meliputi rasa, tekstur, warna.

a. Rasa

Perubahan rasa buah dari asam ke manis disebabkan adanya perubahan asam organik menjadi gula sederhana. Asam organik merupakan senyawa asam karbon yang dihasilkan tumbuhan dan hewan. Kebanyakan asam ini tidak berbahaya dan banyak memberi aroma pada buah dan makanan. asam organik yang terdapat dalam buah adalah asam format, asam asetat, asam fumarat, asam sitrat, asam oksalat, dan sebagainya. Pada buah mentah jumlah asam organik terkandung di dalamnya cukup tinggi, sehingga rasa dominan yang didapat adalah rasa asam dan terkadang disertai rasa sepah pada lidah, semakin lama semakin berkurang jumlahnya, bukan menghilang, tetapi berubah menjadi gula sederhana yaitu fruktosa dan glukosa.

b. Tekstur

Pada saat mentah, umumnya buah memiliki tekstur yang keras dan semakin lunak selama proses pematangan, keras atau lunak buah dipengaruhi oleh pektin didalamnya. Pektin ditemukan didalam dinding sel tumbuhan. Pektin berfungsi mengatur aliran air antara sel dan memberikan kekakuan pada sel. pektin dalam buah terkandung dalam bentuk zat pektik yang mudah terhidrolisa, Kekerasan buah yang disebabkan oleh kandungan pektin yang tidak larut dalam air. Selama proses pematangan buah zat pektik akan terhidrolisa menjadi komponen-komponen yang larut air sehingga total zat pektik akan menurun kadarnya dan komponen larut dalam air akan meningkat jumlahnya yang mengakibatkan buah menjadi lunak.

c. Warna

Seperti yang diketahui warna saat mentah buaka akan berwarna hijau. Namun kebanyakan buah akan berubah warna menjadi merah, kuning, orange, atau warna lain saat matang. Warna dalam buah dipengaruhi oleh pigmen didalamnya. warna hijau dipengaruhi oleh kandungan klorofil. Sehingga warna hijau pada buah mentah disebabkan oleh kandungan klorofil yang masih tinggi dan mendominasi warna lainnya yang sebenarnya ada dalam buah tersebut. Selama proses pematangan buah akan terjadi degradasi klorofil dan muncul warna dari pigmen-pigmen lain yang kalah

dominan saat mentah. Sehingga buah berubah warnanya menjadi kuning, orange, atau merah.

Tabel 29. Kondisi optimum pematangan buah

Parameter	Kondisi
Suhu	18-25°C (<18 akan menghambat pematangan, >25 mendukung pertumbuhan mikroba)
RH	85-90%
Konsentrasi etilen	10-100 ppm
Durasi	12-72 jam
Sirkulasi udara	Cukup untuk menjaga suhu udara
Ventilasi	Cukup untuk mencegah akumulasi CO ₂

Sumber : Sudheer & Indira (2007).

DAFTAR PUSTAKA

- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2014. SNI 8026:2014. Syarat Mutu Strawberry. Badan Standarisasi Nasional : Jakarta
- Brooker, D.B. F.W. Bekker Arkema, C. W. Hall. 1991. Drying Cereal Grain. The AVI Publishing Company.INC. Westport Connecticut
- Commission Implementing Regulation (2011)
- Commission Implementing Regulation. 2011. Commission Implementing Regulation. Available at: http://exporthelp.europa.eu/update/requirements/ehir_eu15_01v002/eu/auxi/eu_mktfrveg_annex1b_r543_2011_strawberries.pdf
- Djali, M., & Rachmat, R. (2013). Perubahan karakteristik umbi bawang merah (*Allium ascalonicum* L) akibat proses curing selama penyimpanan. *Indonesian Journal of Agricultural Postharvest Research*, 10(1), 50-64.
- Henderson S. N and Perry, 1982, Agriculture Process Engineering, The AVI Publ. CO Inc. West Port, Connecticut.
- Ilmi, N. K., Poerwanto, R., & Sutrisno, S. (2015). Perlakuan Air Panas dan Pengaturan Suhu Simpan untuk Mempertahankan Kualitas Buah Mangga (*Mangifera indica* L.) cv. Gedong. *Jurnal Hortikultura*, 25(1), 78-87.
- Ministry of Fisheries, Crops and Livestock New Guyana Marketing Corporation National Agricultural Research Institute. 2004. CURING OF GROUND PROVISIONS. Postharvest Handling Technical Bulletin. Technical Bulletin No. 35
- Mubarak, M. Z., Lailiyah, H., Wahyuni, D. P., Aini, M., Rahayu, Y. S., & Dewi, S. K. (2021). Pengaruh cara pemeraman terhadap pematangan buah pisang dan nanas. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi* (Vol. 1, No. 2, pp. 541-553).
- Mutu, M. (2019). Teknologi Penanganan Buah Segar Stroberi Untuk. *Jurnal Litbang Pertanian Vol*, 38(1), 47-54
- Prabawati, S., Suyanti dan Setyabudi, D.A. 2008. Teknologi Pascapanen dan Teknik Pengolahan: Buah Pisang. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian

- Soesanto, L. 2020. Penyakit Pascapanen- Pengantar Ilmu Penyakit Pascapnaen secara menyeluruh: Sejak Prapanen, Saat Panen, dan Pascapanen. Lily Publisher. Yogyakarta
- Sudarwan, E., Trisni, D. N., Tarta, E., Mazlin, H., Hadira, H., & Zakiyah, Z. (2024). Pengaruh Pelapisan Emulsi Lilin Dan Penambahan Fungisida Terhadap Daya Simpan Buah Jeruk. *Journal of Applied Science and Technology of Agriculture*, 1(02), 45-56.
- Sudheer, K. P., & Indira, V. (2007). *Post harvest technology of horticultural crops* (Vol. 7). New India Publishing

LATIHAN SOAL

1. Apa yang menyebabkan perbedaan perlakuan pascapanen di beberapa komoditas?
2. Sebutkan tujuan dari :
 - a. *Curing*
 - b. *Degreening*
 - c. *Waxing*
 - d. Pemeraman
3. Faktor apa saja yang harus diperhatikan pada proses pemeraman?
4. Sebutkan kelemahan dan kelebihan antara metode pemeraman secara tradisional (dengan daun) dan penggunaan karbid!

BAB 8

PENYIMPANAN PASCAPANEN

Tujuan utama penyimpanan adalah untuk mengurangi laju transpirasi, respirasi, infeksi penyakit, dan mempertahankan produk dalam bentuk yang paling bermanfaat bagi konsumen. Di negara-negara dengan iklim tropik, penyimpanan dalam udara terkendali, pemberian lilin, dan penggunaan kantong polietilen tidak disarankan tanpa dikombinasikan dengan pendinginan karena panas dan karbondioksida akan menimbulkan kerusakan lebih cepat. Penyimpanan produk hasil pertanian juga ditujukan untuk memperpanjang kesegaran. Berikut informasi masa simpan pangan segar.

Tabel 30. Klasifikasi level kerusakan pangan segar berdasar umur simpan

Level Kerusakan	Masa simpan (minggu)	Contoh komoditas
Sangat tinggi	<2	Aprikot, blackberry, blueberry, ceri, ara, raspberi, stroberi; asparagus, tauge, brokoli, kembang kol, daun bawang, daun selada, jamur, muskmelon, kacang polong, bayam, jagung manis, tomat (matang); sebagian besar bunga potong dan dedaunan; buah-buahan dan sayur-sayuran yang diolah secara minimal
Tinggi	2-4	Alpukat, pisang, anggur (tanpa pengolahan SO ₂), jambu biji, loquat, mandarin, mangga, melon (melon, crenshaw, Persia), nektarin, pepaya, persik, plum; artichoke, kacang hijau, kubis brussel, kubis, seledri, terong, selada kepala, okra, merica, labu kuning, tomat (sebagian matang).

Level Kerusakan	Masa simpan (minggu)	Contoh komoditas
Moderat	4-8	Apel dan pir (beberapa kultivar), anggur (yang diolah dengan SO ₂), jeruk, jeruk bali, jeruk nipis, buah kiwi, kesemek, delima; bit meja, wortel, lobak, kentang (belum matang).
Rendah	8-16	Apel dan pir (beberapa kultivar), lemon; kentang (matang), bawang merah kering, bawang putih, labu kuning, labu musim dingin, ubi jalar, talas, ubi; umbi dan tanaman hias lainnya
Sangat rendah	>16	Kacang pohon, buah-buahan dan sayuran kering

Sumber : Sudheer & Indira (2007).

Teknik Penyimpanan Pasca Panen

Ada beberapa teknik yang bisa diterapkan pada kegiatan penyimpanan untuk memperpanjang masa simpan pangan segar, diantaranya:

1. Pendinginan

Suhu, kelembaban relatif, komposisi atmosfer, cahaya, dan faktor lainnya adalah komponen lingkungan. Secara umum diketahui bahwa suhu yang lebih tinggi menyebabkan aktivitas pernapasan yang meningkat, yang mengurangi umur simpan produk. Di sisi lain, kelembaban relatif yang sangat tinggi dapat menyebabkan jamur muncul pada permukaan produk, sedangkan kelembaban relatif yang lebih rendah dapat menyebabkan pengeringan. Penurunan oksigen dan peningkatan kadar karbon dioksida di atmosfer penyimpanan telah berhasil digunakan untuk mendorong mikrorespirasi pada produk sehingga mampu memperpanjang umur simpan. Berbagai penyebab kerugian pascapanen telah dibahas secara lebih rinci dalam 1. Bab ini berfungsi untuk memberikan gambaran tentang langkah-langkah yang dapat diambil untuk meminimalkan perubahan yang merugikan tersebut, salah satunya dengan penyimpanan dingin.

Tabel 31. Pengaruh pengendalian suhu terhadap umur simpan buah dan sayuran segar

	Masa simpan pada suhu optimal	Masa simpan		
		suhu 35 °C	suhu 25 °C	suhu 15 °C
Kubis ^a	6 bulan 0 °C	2 minggu	4 minggu	8 minggu
Wortel ^a	6 bulan 0 °C	2 minggu	4 minggu	8 minggu
Tomat ^a	14 hari 15 °C	3 hari	6 hari	14 hari
Paprika ^a	20 hari 12 °C	3 hari	7 hari	15 hari
Bayam ^a	14 hari 0 °C	1 hari	2 hari	5 hari
Bawang merah ^b	6-8 bulan 0-5 °C	1 bulan 28-30 °C		
Bawang putih ^b	6-7 bulan 0 °C	1 bulan 28-30 °C		
Kentang ^b	10 bulan 4-7 °C			
Singkong ^b	6 bulan 0-5 °C	2-4 minggu 5-8 °C		
Ubi jalar ^b	6 bulan 12-14 °C			
Jahe ^b	6 bulan 12-14 °C			

a. USAID (2009)

b. Sudheer & Indira (2007)



Gambar 38. Ruang simpan buah dan sayur bersuhu dingin

(Sumber foto : <https://bjt.co.id/2/ARTICLES/435/cold-storage-chiller-untuk-menyimpan-buah-dan-sayuran-segar>)

Cacat Karena Suhu Rendah (*Chilling Injury*)

Parameter suhu menunjukkan tingkat titik panas suatu benda. Jika suhu suatu benda lebih tinggi, titik panasnya akan lebih tinggi, dan sebaliknya, jika suhu suatu benda lebih rendah, titik panasnya akan lebih rendah. Cacat suhu rendah (*chilling injury*) di akibatkan karena titik panas pada benda pada posisi yang rendah atau hilangnya titik panas karena berada suhu yang sangat rendah. Pada saat pasca panen, setelah di lakukan pemetikan, jaringan pada bahan hasil pertanian akan tetap beraktifitas dengan melakukan proses metabolisme dan aktifitas respirasi. Untuk mencegah terjadinya pembusukan, para petani sering menghambat laju respirasi tersebut dengan melakukan pengawetan dengan penyimpanan dengan suhu rendah sehingga terjadinya proses pembusukan akan semakin melambat. Selain itu, penyimpanan pada suhu rendah juga bertujuan untuk menjaga kualitas hasil panen agar tetap segar dan bisa di simpan dengan jangka waktu yang agak lama.

Tabel 32. Kepekaan bahan hasil pertanian segar terhadap *chilling injury*

Komoditas	Suhu Kritis (°C)	Gejala kerusakan
Alpukat	<10	Berongga, perubahan warna menjadi kecoklatan atau hitam, rasa pahit, berbau tengik
Pisang	<13	Sistem pembuluh berwarna hitam, sukar masak
Mentimun	<10	Berongga, agak basah
Terung	<7	Bersisik, warna perunggu, berongga, pembusukan meningkat
Melon	10	Berongga, sukar masak
Semangka	10	Berongga, warna merah pucat
Buncis	5-7	Warna perunggu atau warna coklat muda
Kentang	5-7	Pencoklatan warna mahoni
Ubi Jalar	<13	Daging warna sangat pucat, berongga, pembusukan meningkat
Tomat	<13	Sukar masak, pembusukan meningkat
Anggur	10-15	Berongga, noda coklat, kerusakan berair, busuk

Sumber : Soesanto (2020)

Jika tersimpan dengan suhu rendah terlalu lama atau terlalu rendah, proses penyimpanan dingin memberi efek negatif. Pada sayur dan buah mengalami kerusakan atau cacat karena penyimpanan dengan suhu dingin contohnya yaitu terjadi susut pada permukaannya yang berlanjut mengalami juga susut cita rasa, warna dan tekstur dan kemudian dapat mengalami susut nilai gizi. Pada umumnya, suhu $0-2^{\circ}\text{C}$ adalah titik beku jaringan, yang merupakan suhu batas bawah untuk terjadinya metabolisme normal. Jaringan yang membeku menyebabkan pertukaran metabolit diantara berbagai komponen seluler menjadi terhambat, menyebabkan desikasi permanen sel/kerusakan sel.



Gambar 39. Tiga kelainan fisiologis yang terjadi pada buah persik dan nektarin setelah penyimpanan. (a) Mealiness atau woolliness; (b) bagian dalam berwarna coklat (buah bagian atas sehat); dan (c) bagian dalam memerah (buah bagian atas sehat). (Lurie & Crisosto, 2005).

Penyusutan pada suhu rendah tidak terlalu berdampak yang sangat buruk jika hanya beberapa waktu yang singkat. Pada suhu rendah proses transpirasi dan respirasi akan terhambat karena kandungan air pada bahan hasil pertanian akan membeku secara bertahap. Hal ini akan menghambat asupan suplay oksigen yang kurang, serta akan menghambat juga kerusakan bahan. Aktifitas pertumbuhan mikroorganisme bakteri pathogen akan terhenti karena terjadi pembekuan. Namun, jika disimpan dalam suhu dingin selama waktu yang lama, bahan tersebut dapat rusak karena kandungan airnya yang membeku membentuk kristal es.

Chilling injury menyebabkan terjadinya penyusutan pada bahan hasil pertanian karena penyusutan jaringannya melemah. Hal tersebut terjadi karena proses metabolisme pada bahan hasil pertanian tidak berjalan normal semestinya, sehingga akan mengakibatkan perubahan pada fisik dan biokimianya. Dalam sel bahan terjadi gangguan fungsi yang mengakibatkan terjadi luka sehingga mudah mengalami kerusakan yang diakibatkan serangan mikroba bakteri pathogen *Alternaria spp.* Hal ini sangat tidak diharapkan pada tangan konsumen karena kurang segarnya bahan hasil pertanian tersebut yang terlihat produk menjadi lembek. Maka dari itu sebaiknya penyimpanan suhu dingin dilakukan dengan tepat pada beberapa produk pasca panen sesuai dengan karakter suhu yang di perlukan untuk berbagai varietas produk pasca panen.

Gejala *chilling injury* tidak hanya terjadi pada saat produk disimpan suhu yang lebih rendah untuk waktu yang relatif lebih lama, tetapi terkadang muncul ketika komoditas dikeluarkan dari suhu dingin ke suhu tinggi. Untuk itu diperlukan perlakuan untuk mengurangi/meredakan *chilling injury*.

a. Perlakuan Sebelum Penyimpanan

- 1) Pengondisian suhu - penurunan suhu penyimpanan secara bertahap
- 2) Perlakuan etilen pada buah-buahan
- 3) Paparan CO₂ yang meningkat
- 4) Menggunakan MAP (*Modified atmosphere packaging*)

B. Perlakuan Selama Penyimpanan

- 1) *Intermittent exposure* terhadap suhu tinggi
- 2) Disimpan pada kondisi *modified atmosphere/controlled atmosphere*

- 3) Disimpan pada kondisi tekanan rendah (penyimpanan hipobarik)
- 4) Dikontrol pada RH tinggi.

2. Pengaturan Komposisi Atmosfer

Pada dasarnya kegiatan ini bertujuan meminimalkan kerugian bahan hasil pertanian dengan cara memperpanjang durasi penyimpanan pascapanen. Teknik terbaik tentunya melibatkan pemanenan produk pada tahap kematangan optimal, diikuti dengan pendinginan cepat, pengemasan dan pemindahan ke penyimpanan dengan atmosfer terkendali, di mana suhu, kelembapan relatif, kecepatan udara, dan komposisi atmosfer diatur pada tingkat yang paling sesuai untuk bahan hasil pertanian.

Tabel 33. Kelebihan dan Kelemahan CAS

Kelebihan	Kelemahan
Menghambat penuaan dan perubahan fisiologis dan biokimia	Menyebabkan gangguan fisiologis tertentu seperti jantung hitam pada kentang, noda coklat pada selada
Pengurangan sensitivitas produk terhadap aksi etilen pada tingkat O ₂ di bawah 8% dan/atau kadar CO ₂ di atas 1%.	Pematangan produk yang tidak teratur seperti pisang, pir, tomat, dll. Perkembangan rasa tidak enak dan bau tidak sedap pada konsentrasi O ₂ yang sangat rendah
Pengendalian serangga pada beberapa komoditas.	Tidak tersedianya gas
	Diperlukan pengetahuan yang mahal dan teknis

Sumber : Sudheer & Indira (2007).

Controlled Atmosphere Storage (CAS)

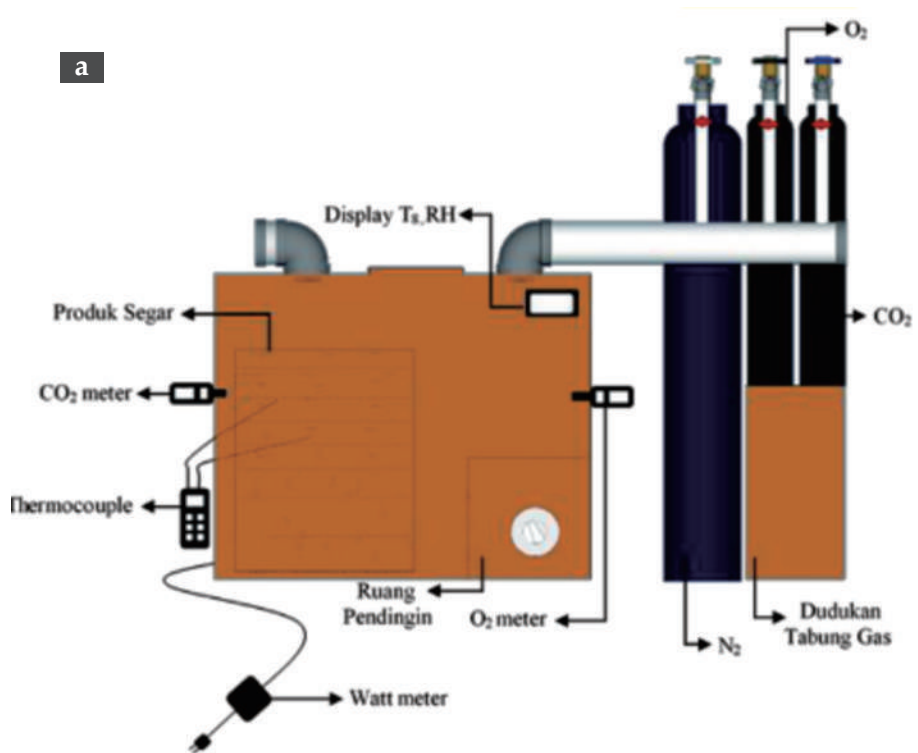
Penyimpanan dengan udara terkendali adalah teknik penyimpanan yang mengatur kondisi udara untuk mempertahankan kualitas produk pertanian. Udara mengandung sekitar 20,9% O₂, 78,1 % N₂, 0,003 % CO₂ dan sejumlah gas lainnya termasuk Ne, He, CH₄ dan uap air. Dalam penyimpanan CA (*Controlled Atmosphere*), oksigen berkurang dan CO₂ meningkat serta pematangan dan laju respirasi melambat.

CAS dilakukan dengan menggabungkan teknologi pendingin dan pengkondisian udara, seperti mengatur kadar oksigen dan karbon dioksida, suhu, dan kelembaban. Dengan cara ini, proses pernapasan dan penurunan mutu produk dapat dicegah. CAS memiliki banyak keuntungan, seperti dapat mengawetkan produk hingga 3–6 bulan, susut bobot produk sangat minimal, hasil produk yang stabil di konsumen, dan dapat meningkatkan kesejahteraan petani.

Tabel 34. Rekomendasi kondisi CAS untuk beberapa buah di China

Buah	(°C)	(%RH)	O ₂ (kPa)	CO ₂ (kPa)	Masa simpan
Apel	0-5	85-95	2-4	3-5	4-6 bulan
Strawbery	0	95-100	10	5-10	4 minggu
Kurma	0-1	90	3	5	2-3 bulan
Anggur	3	90-95	5	5-20	7 bulan
Peach	0-1	85	1-3	5	10 minggu
Plum	0-1	90	1-3	5	10-12 minggu
Cherry	0-1	90	3-5	20-25	6-7 minggu
Pisang	11-13	90-95	0,5-10	0,5-7	100 hari
Nanas	7	85	2	0	40 hari
Mangga	10-12	85	3-5	2,5-10	40 hari
Leci	1-5	90	5	5	2 bulan
Kiwi	0-1	90-95	2-4	5	3-6 bulan

Sumber : Thompson, et al.(2018).



Gambar 40. a. Bagan skematis peralatan pengendali komposisi atmosfer ketika penyimpanan dan b) Ruang CAS secara experimental di Belanda.

(Sumber foto : a. Pega, *et al.*, 2021 dan b. Thompson, *et al.*(2018).

Modified Atmospheric Storage (MAS)

MA (*Modified Atmosphere*) dan CA (*Controlled Atmosphere*) hanya berbeda dalam derajat pengendaliannya. Dibandingkan dengan CA, penyimpanan MA menunjukkan tingkat kontrol konsentrasi gas yang lebih rendah dari kondisi lingkungan komoditas tersebut. Kemajuan dalam pembuatan polimer pengemas dengan berbagai permeabilitas gas telah mendorong minat dalam menciptakan dan mempertahankan atmosfer yang dimodifikasi dalam kemasan yang fleksibel.

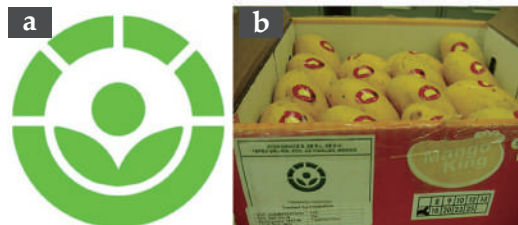
Tabel 35. Perbedaan CAS dan MAS

CAS	MAS
Kontrol tingkat tinggi atas konsentrasi gas	Kontrol tingkat rendah atas konsentrasi gas
Umur penyimpanan lebih lama	Umur penyimpanan lebih rendah
Teknologi yang lebih mahal	Teknologi lebih murah
Suasana dimodifikasi dengan menambahkan gas	Itu dibuat oleh baik secara aktif (tambahan atau penghilangan gas) atau secara pasif (menghasilkan dihasilkan)
Suhu spesifik harus dipertahankan	Mungkin dipertahankan atau tidak

Sumber : Sudheer & Indira (2007).

3. Irradiasi

Irradiasi merupakan salah satu tahapan penanganan pasca panen di mana zat radioaktif atau akselerator digunakan untuk menyinari bahan pangan. Iradiasi pangan merupakan proses yang aman dan telah diakui oleh CODEX, organisasi internasional di bidang pangan. Pangan segar yang diberi perlakuan irradiasi harus diberi label seperti pada gambar 41.



Gambar 41. a) logo irradiasi dan b) Mangga yang diiradiasi (Cannon, *et.al.*, 2012).

Dosis radiasi diukur dalam Grays (Gy). Satu Gray = 100 rad. Satu dosis Gy radiasi sama dengan 1 joule energi yang diserap pernya kg bahan makanan. Sumber radiasi yang digunakan untuk iradiasi pangan adalah:

- Sinar Gamma dari radionuklida ^{60}Co atau ^{137}Cs
- Sinar X yang dihasilkan dari mesin sumber yang dioperasikan dengan energi pada atau dibawah 5 MeV
- Elektron yang dihasilkan dari mesin sumber yang dioperasikan dengan energi pada atau dibawah 10 MeV.

Tujuan Irradiasi Berdasarkan Dosis

Radiasi membantu memutus ikatan kimia dalam produk atau mikro organisme. Radiasi pengion melibatkan kerusakan DNA, genetik dasar informasi seumur hidup. Akibatnya mikroorganisme tidak dapat lagi berkembang biak, serangga tidak bertahan hidup, tanaman tidak dapat melanjutkan pematangan alaminya atau proses penuaan. Tujuan iradiasi dan kategori dosis dijelaskan pada Tabel 36.

Tabel 36. Klasifikasi dosis iradiasi berdasarkan tujuan

Dosis	Tujuan	Contoh
Rendah (<1 kGy)	Menghambat pematangan	0,05-0,15 kGy (bawang merah, bawang putih, jahe, ubi jalar)
	Disinfektan serangga dan parasit	0,15- 0,5 kGy (buah segar, sereal, kacang-kacangan)
	Penundaan kematangan	0,25-1 kGy (buah dan sayur segar)
Medium (1-10 kGy)	Memperpanjang masa simpan	1-3 kGy (strawberry, jamur)
	Pereduksian mikroba patogen dan pembusuk	1-7 kGy (pangan laut segar dan beku)
	Meningkatkan sari buah	2-7 kGy (anggur)
Tinggi (10-50 kGy)	Dekontaminasi bahan tambahan pangan	10-30 kGy (enzim, rempah)
	Sterilisasi industri	30-50 kGy (daging, seafood, makanan steril di Rumah Sakit)

Sumber : Rifaldi, dkk. (2023).

4. Penyimpanan Tekanan Rendah/Penyimpanan Hipobarik

Bahan hasil pertanian dapat disimpan pada tekanan rendah 0,2 - 0,5 tekanan atmosfer dan suhu 15 – 24°C dalam ruang kedap udara. Tekanan berkurang dengan menghisap udara dan menciptakan ruang hampa. Mekanisme yang terjadi selama penurunan tekanan:

- Berkurangnya pasokan O₂ memperlambat respirasi. Saat tekanan berkurang dari 1 atm menjadi 0,1atm konsentrasi O₂ efektif berkurang dari 21 menjadi 2,1%. Misalnya. dalam apel, tekanan rendah mengurangi kadar etilen hingga 0,01 ppm yang tidak merangsang pematangan.
- Etilen yang dilepaskan dikeluarkan dari penyimpanan.
- Bahan yang mudah menguap seperti CO₂, asetaldehida, asam asetat, ester dll dihilangkan/dikurangi

Tabel 37. Perbedaan masa simpan antara bahan segar yang disimpan suhu rendah dan tekanan rendah

Komoditas	Masa simpan (hari)	
	Penyimpanan suhu rendah	Penyimpanan tekanan rendah
Nanas matang	9-12	40
Anggur	30-40	90-120
Strawberry	5-7	21-28
Cherry	14	60-90
Paprika hijau	16-18	50
Mentimun	10-14	41
Bawang bombai	2-3	15
Tomat (hijau matang)	14-21	60-100

Sumber : Sudheer & Indira (2007).

DAFTAR PUSTAKA

- Cannon, R. J., Hallman, G. J., & Blackburn, C. (2012). The pros and cons of using irradiation for phytosanitary treatments. *Outlooks on Pest Management*, 23(3), 108-114.)
- Lurie, S., & Crisosto, C. H. (2005). Chilling injury in peach and nectarine. *Postharvest biology and technology*, 37(3), 195-208.
- Pega, E. P., Bintoro, N., & Saputro, A. D. (2021). Rekayasa Teknologi Penyimpanan dengan Atmosfer Termodifikasi untuk Memperpanjang Umur Simpan dalam Penanganan Pascapanen Tomat. *Agritech*, 41(3), 246-256.
- Rifaldi, A. R., Juanda, D. H., Mahmudi, K., Prihandono, T., Sinuraya, W. T. B., & Sembiring, M. Y. B. (2023). Metode Radiasi Ionizing Dalam Mempertahankan Kualitas Buah dan Sayuran Pasca Panen. *AGRO RADIX: Jurnal Ilmu Pertanian*, 7(1), 43-53.
- Soesanto, L. 2020. Penyakit Pascapanen- Pengantar Ilmu Penyakit Pascapnaen secara menyeluruh: Sejak Prapanen, Saat Panen, dan Pascapanen. Lily Publisher. Yogyakarta
- Sudheer, K. P., & Indira, V. (2007). *Post harvest technology of horticultural crops* (Vol. 7). New India Publishing
- Thompson, A. K., Prange, R. K., Bancroft, R., & Puttongsiri, T. (2018). *Controlled atmosphere storage of fruit and vegetables*. CABI.
- USAID. Empowering Agriculture: Energy Options for Horticulture. United States Agency for International Development. 2009. Available online: <http://ucce.ucdavis.edu/files/datastore/234-1386.pdf> (accessed on 14 February 2022)

LATIHAN SOAL

1. Kenapa semakin rendah suhu penyimpanan bisa memperpanjang masa simpan bahan segar?
2. Apa yang menyebabkan terjadinya chilling injury?
3. Kenapa penerapan CAS lebih efektif jika disertai dengan penyimpanan suhu rendah?
4. Kenapa penyimpanan dengan tekanan rendah lebih memperpanjang kesegaran dibanding dengan penyimpanan suhu rendah?

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 9

TRANSPORTASI

Tahapan transportasi merupakan tahap akhir dalam proses produksi pangan segar berkualitas untuk dipasarkan atau disimpan. Penanganan yang tepat pada transportasi ini bertujuan agar produk segar dalam kondisi baik sampai ke titik penjualan eceran atau aman disimpan dengan kerusakan minimal dan paparan terhadap risiko penyakit. Banyak kerusakan yang terjadi pada produk segar selama pengangkutan. Oleh karena itu, penanganan diperlukan untuk memastikan bahwa produk yang meninggalkan ladang/perusahaan menuju pasar/penyimpanan tiba dalam kondisi yang sama seperti meninggalkan lapangan atau perusahaan.

A. Penanganan Sebelum Pengangkutan

Semua kendaraan pengangkut harus diperiksa kelengkapannya sebelum memuat bahan hasil pertanian segari:

1. Kendaraan harus dibersihkan dengan baik sebelum dimuat.
2. Dinding, lantai, pintu, dan langit-langit harus dalam keadaan baik kondisi.
3. Tidak boleh ada benda tajam di dalam kendaraan.
4. Untuk transportasi berpendingin suhu, kelembaban kontrol kelembaban dan sirkulasi udara harus diperiksa sebelumnya memuat.

B. Penanganan Selama Pengangkutan

Beberapa hal yang perlu selama pengangkutan:

1. Kendaraan pengangkut yang memuat produk segar harus dikendarai dengan aman seperti mengemudi terlalu cepat di ladang, jalur pertanian yang kasar, atau jalan raya menyebabkan kerusakan.
2. Kontainer, wadah curah atau karung harus dimuat ke dalam pengangkutan dengan hati-hati dan sedemikian rupa untuk menghindari pergeseran atau keruntuhan beban selama angkutan (lihat pembahasan pengemasan bab 7).
3. Kontainer terbuka yang melakukan perjalanan jarak jauh harus ditutup dengan kain goni/jaring peneduh/plastik untuk mencegah muatan berlebih dehidrasi, kecuali dalam kondisi hujan bahan hasil pertanian harus ditutup untuk melindungi produk agar tidak basah.
4. Angkutan yang memuat bahan hasil pertanian segar terutama sayur tidak boleh dihentikan untuk waktu yang lama. Hal ini menyebabkan penumpukan panas yang berlebihan mempercepat timbulnya kerusakan, menyebabkan pengembunan dan membuat menghasilkan lebih rentan terhadap penyakit. Apabila pengiriman sayur segar tertunda, kendaraan sebaiknya ditempatkan dengan penutup dilepas, atau sayuran ditempatkan di gedung yang tertutup atau setidaknya di tempat teduh.
5. Pengawasan diperlukan pada semua tahapan transportasi lapangan untuk meminimalkan akumulasi cedera fisik.
6. Tidak seorang pun boleh duduk di atas kemasan yang dimuat di dalam kendaraan.

C. Kerusakan Selama Transportasi

Jenis kerusakan berikut terjadi pada produk selama transportasi:

1. Memar akibat benturan terjadi ketika pengemas terjatuh atau terpentak.
2. Memar akibat kompresi akibat penumpukan wadah lapangan yang terlalu penuh.

3. Memar dapat terjadi ketika buah bergerak atau bergetar melawan benda kasar permukaan buah lain selama pengangkutan.



Gambar 42. Alat transportasi dalam pengangkutan buah dan sayur a) yang tidak sesuai dan b) yang sesuai (Sumber foto : Soesanto, 2020)

DAFTAR PUSTAKA

- Soesanto, L. 2020. Penyakit Pascapanen- Pengantar Ilmu Penyakit Pascapnaen secara menyeluruh: Sejak Prapanen, Saat Panen, dan Pascapanen. Lily Publisher. Yogyakarta
- Sudheer, K. P., & Indira, V. (2007). *Post harvest technology of horticultural crops* (Vol. 7). New India Publishing

LATIHAN SOAL

1. Hal-hal apa saja yang harus dikontrol di alat transportasi bahan segar?
2. Sebutkan kerusakan yang dapat terjadi selama pengangkutan?

GLOSARIUM

Buah Klimaterik : buah yang mengalami peningkatan respirasi dan produksi etilen sesudah dipanen.

Buah Non Klimaterik : buah yang tidak mengalami kenaikan respirasi dan produksi etilen sesudah dipanen.

Chilling Injury: kerusakan fisiologis terhadap sel membran bahan pangan yang diakibatkan oleh proses penyimpanan pada suhu dingin yang tidak tepat.

Controlled Atmosphere Storage (CAS): sistem penyimpanan yang mengkombinasikan teknologi pendingin dengan teknologi pengkondisian udara (O_2 , CO_2 , N_2 , etilen dan RH) sehingga komoditas mempunyai masa simpan yang lebih panjang dari metode konvensional.

Curing: tindakan penyembuhan luka pada komoditi panen umbi-umbian dengan mengkondisikan pada suhu lingkungan yang hangat dan kelembapan yang tinggi serta sirkulasi yang baik.

Degreening: perlakuan degradasi pigmen hijau (klorofil) secara kimiawi tanpa mempengaruhi kualitas internal buah.

Etilen: hormon utama pada tumbuhan yang memengaruhi beragam proses dalam pertumbuhan, perkembangan, dan respons stres sepanjang siklus hidup tanaman; hormon ini sangat berperan dalam pematangan buah-buahan klimakterik.

Fisiologi tumbuhan: ilmu yang mempelajari bagaimana bagian-bagian tumbuhan, mulai dari organel hingga jaringan, berfungsi dalam kaitannya dengan pertumbuhan, perkembangan, dan reaksi terhadap perubahan lingkungan.

Modified Atmosphere Packaging (MAP): suatu teknologi pengemasan tepat guna yang dilakukan pada produk pangan dengan cara memodifikasi komposisi atmosfer internal di dalam kemasan, bertujuan agar dapat mempertahankan/memperpanjang umur simpan produk pangan tersebut.

Modified Atmosphere Storage (MAS): metode penyimpanan dengan pengkondisian kadar O_2 di ruang simpan, biasanya O_2 dikurangi dan kandungan CO_2 yang efektif untuk mengurangi pembusukan dan memperpanjang masa simpan pangan segar.

Pangan segar: pangan yang belum diolah dan dapat dikonsumsi langsung atau digunakan sebagai bahan dalam pengolahan pangan.

Pangan segar asal tumbuhan (PSAT): pangan asal tumbuhan yang dapat dikonsumsi secara langsung dan/atau yang dapat digunakan sebagai bahan baku pangan olahan yang mengalami pengolahan minimal meliputi pencucian, pengupasan, pendinginan, pembekuan, pemotongan, pengeringan, penggaraman, pencampuran, penggilingan, pencelupan (*blanching*), dan/atau proses lainnya tanpa penambahan bahan tambahan pangan kecuali pelapisan dengan bahan penolong lain yang diperbolehkan untuk memperpanjang umur simpan.

Relative Humidity (RH): perbandingan jumlah uap air yang terkandung di udara (kelembaban mutlak/absolut) dengan jumlah uap air maksimal (jenuh) di dalam udara pada temperatur dan tekanan udara yang sama, dinyatakan dalam persen.

Respirasi: pemecahan bahan organik dari hasil pertanian, seperti karbohidrat, protein, dan lemak, menjadi bahan lebih sederhana dengan melepaskan energi (panas), di mana O_2 digunakan dan CO_2 dilepaskan.

Transpirasi: disebut penguapan, adalah pelepasan uap air atau gas dari jaringan bahan pertanian ke lingkungan sekitar karena kandungan air bahan pertanian lebih tinggi daripada lingkungan sekitar.

Waxing: dikenal dengan pelilinan, merupakan suatu teknik yang melapisi bagian permukaan buah/sayur/umbi agar tetap terjaga kesegarannya dengan menekan angka laju respirasi dan laju transpirasinya.

BIODATA PENULIS



Rista Anggriani, STP.MP.MSc., merupakan lulusan sarjana Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Universitas Brawijaya pada tahun 2011 dan magister pada tahun 2014 dengan program double degree di Universitas Brawijaya dan National Pingtung University of Science and Technology, Taiwan. Saat ini, penulis adalah dosen Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Pertanian Peternakan Universitas Muhammadiyah Malang. Penulis menampu mata kuliah Fisiologi dan Teknologi Pasca Panen. Penulis berfokus pada penelitian berbasis pangan segar asal tumbuhan untuk dijadikan produk pangan fungsional sebagai sumber antioksidan dan antihiperqlikemik. Berbagai jurnal ilmiah telah dipublikasikan sesuai dengan kepakaran penulis.



Prof. Dr. Ir. Noor Harini, MS., merupakan salah satu Guru Besar di Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian Peternakan Universitas Muhammadiyah Malang. Latar belakang pendidikan penulis berasal dari Departemen Gizi Masyarakat dan Sumberdaya Keluarga, Institut Pertanian Bogor untuk S1, Universitas Gadjah Mada untuk S2 di bidang Teknologi Pasca Panen, dan S3 di bidang Teknologi Hasil Pertanian dari Universitas Brawijaya. Kepakaran penulis pada teknologi pasca panen, dengan berbagai jurnal ilmiah yang telah dipublikasikan.