

Laju Respirasi dan Perubahan Karakteristik Mutu Buah Klimakterik dan Non-Klimakterik Selama Penyimpanan

Baihaqi^{1)*}, Ida Ayu Suci²⁾

¹Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Halu Oleo, Kendari

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Sains dan Teknologi, Universitas Panca Bhakti

Email: teukubaihaqi.stp@gmail.com*

Abstract

*Climacteric and non-climacteric fruits differ fundamentally in their respiration patterns and postharvest ripening mechanisms, directly influencing the quality and shelf life of horticultural commodities. This study aimed to examine the dynamics of respiration rate and quality characteristic changes in tomato (*Solanum lycopersicum*) as a climacteric fruit and cucumber (*Cucumis sativus*) as a non-climacteric commodity during storage at 10°C. A Completely Randomized Design (CRD) was applied with three replications and observations conducted over four days (D0–D4). Parameters measured included respiration rate (closed-system method with HCl–NaOH back-titration), weight loss, and organoleptic scores for color, aroma, and texture. Data were analyzed using ANOVA and Duncan's Multiple Range Test ($\alpha = 5\%$). Results showed that tomato exhibited a typical climacteric pattern, with respiration rate declining from 12.64 (D0) to a minimum of 8.16 mg CO₂/kg/hour (D2), then rising again to 12.36 mg CO₂/kg/hour (D4), accompanied by progressive color changes from green to orange, development of characteristic aroma, and gradual texture softening. Cucumber displayed irregular respiratory fluctuations (35.27–12.55–33.09–24.95–16.80 mg CO₂/kg/hour), presumably attributable to chilling injury at a storage temperature near its tolerance threshold, while color and aroma remained relatively stable throughout. Weight loss in tomato reached 32.87% by D4, compared to 9.23% in cucumber. This study confirms distinct physiological differences between the two commodity types and underscores the importance of commodity-specific optimal storage temperature determination to effectively minimize postharvest losses.*

Keywords: *chilling injury, climacteric, non-climacteric, respiration rate, postharvest*

PENDAHULUAN

Buah dan sayuran merupakan komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi sekaligus berperan penting dalam pemenuhan kebutuhan gizi masyarakat. Namun demikian, produk hortikultura termasuk kelompok bahan pangan yang mudah mengalami kerusakan setelah dipanen karena masih menjalankan proses metabolisme. Salah satu proses fisiologis yang paling berpengaruh terhadap umur simpan dan kualitas hasil panen adalah respirasi (Padya, 2025). Respirasi merupakan proses penguraian senyawa organik yang menghasilkan energi untuk mempertahankan aktivitas sel. Selama proses ini berlangsung, cadangan makanan dalam jaringan tanaman akan terus berkurang sehingga memengaruhi mutu produk, baik dari segi fisik, kimia, maupun organoleptik (Rahman dan Faisal, 2023).

Laju respirasi sering digunakan sebagai indikator tingkat aktivitas metabolisme suatu komoditas hortikultura. Semakin tinggi laju respirasi, semakin cepat pula komoditas mengalami kemunduran mutu. Oleh karena itu, pemahaman mengenai pola respirasi menjadi aspek penting dalam pengelolaan pascapanen, terutama untuk menentukan strategi penyimpanan yang tepat guna mempertahankan kualitas produk hingga sampai ke tangan konsumen. Karakteristik respirasi setiap jenis buah berbeda-beda tergantung pada sifat fisiologisnya, khususnya berdasarkan kelompok klimakterik dan non-klimakterik (Wulandari & Ambarwati, 2022).

Buah klimakterik adalah buah yang mengalami peningkatan laju respirasi secara signifikan menjelang proses pematangan. Fenomena ini dikenal sebagai klimakterik respirasi dan umumnya diikuti oleh peningkatan produksi etilen yang berperan sebagai hormon pematangan (Djaafar et al., 2022). Tomat merupakan salah satu contoh buah klimakterik yang banyak dibudidayakan dan dikonsumsi di Indonesia. Selama proses pematangan, tomat mengalami perubahan warna dari hijau menjadi merah atau oranye kemerahan, peningkatan aroma khas, serta pelunakan tekstur akibat aktivitas enzimatis yang berlangsung secara intensif (Fertiasari et al., 2023).

Sebaliknya, buah non-klimakterik tidak menunjukkan peningkatan laju respirasi yang tajam selama pematangan. Setelah dipanen, proses pematangannya berlangsung lebih lambat dan tidak terlalu dipengaruhi oleh produksi etilen internal. Timun merupakan salah satu contoh buah non-klimakterik yang umum dikonsumsi sebagai sayuran segar. Selama penyimpanan, perubahan yang terjadi pada timun umumnya lebih berkaitan

dengan kehilangan air dan penurunan kesegaran dibandingkan dengan proses pematangan yang intensif seperti pada buah klimakterik (Wulandari & Ambarwati, 2022).

Perbedaan karakteristik fisiologis antara buah klimakterik dan non-klimakterik menyebabkan respons yang berbeda selama penyimpanan. Perubahan laju respirasi tidak hanya memengaruhi konsumsi cadangan substrat dalam jaringan, tetapi juga berhubungan erat dengan perubahan mutu fisik seperti warna, tekstur, aroma, dan bobot (Putri, 2024). Oleh karena itu, kajian mengenai dinamika respirasi pada kedua kelompok buah tersebut menjadi penting untuk memahami hubungan antara aktivitas metabolisme dan perubahan kualitas selama periode penyimpanan.

Penelitian mengenai pola respirasi telah banyak dilakukan pada berbagai komoditas hortikultura, namun kajian yang membandingkan secara langsung karakteristik respirasi buah klimakterik dan non-klimakterik dalam kondisi penyimpanan yang sama masih relatif terbatas. Informasi tersebut diperlukan untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai perilaku fisiologis masing-masing kelompok buah serta implikasinya terhadap penanganan pascapanen.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis laju respirasi pada buah tomat sebagai representasi buah klimakterik dan timun sebagai representasi buah non-klimakterik selama penyimpanan. Selain itu, penelitian ini juga mengevaluasi perubahan karakteristik mutu yang meliputi warna, aroma, tekstur, dan bobot buah sebagai indikator kemunduran kualitas. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan teknologi pascapanen serta menjadi dasar dalam penyusunan strategi penyimpanan yang efektif untuk mempertahankan mutu buah hortikultura.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah tomat (*Solanum lycopersicum*) pada tingkat kematangan hijau (*mature green*) sebagai representasi komoditas klimakterik, dan timun (*Cucumis sativus*) pada tingkat kematangan hijau sebagai representasi komoditas non-klimakterik. Kedua jenis sampel dipilih pada tingkat kematangan yang seragam (hijau) untuk mengontrol variabel kematangan awal sehingga perubahan mutu yang teramati selama penyimpanan murni mencerminkan dinamika pasca panen masing-masing tipe buah, bukan akibat perbedaan tingkat kematangan saat panen.

Bahan kimia yang digunakan meliputi larutan natrium hidroksida (NaOH) sebagai larutan penyerap karbon dioksida (CO₂) hasil respirasi, larutan asam klorida (HCl) sebagai larutan standar untuk titrasi balik, dan indikator fenolftalein (PP) sebagai indikator titik akhir titrasi.

Alat yang digunakan meliputi toples kaca tertutup (*closed system*/jar) sebagai wadah inkubasi respirasi, timbangan analitik untuk pengukuran bobot, buret dan peralatan titrasi untuk pengukuran volume HCl, serta alat tulis dan lembar uji organoleptik untuk pengamatan aroma, warna dan tekstur.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan faktor tunggal, yaitu jenis komoditas tomat hijau dan timun hijau yang disimpan pada suhu dingin 10°C. Setiap unit percobaan diamati pada 5 titik waktu pengamatan yaitu pada hari ke-0 (H0), hari ke-1 (H1), hari ke-2 (H2), hari ke-3 (H3), dan hari ke-4 (H4).

Prosedur Penelitian

Persiapan Sampel

Tomat dan timun pada tingkat kematangan hijau disortasi untuk memastikan keseragaman ukuran, bobot, dan tidak terdapat kerusakan fisik atau serangan hama-penyakit. Sampel kemudian dibersihkan dari kotoran yang menempel pada permukaan kulit, dikeringanginkan, dan ditimbang sebagai data bobot awal (H0) sebelum diberi perlakuan penyimpanan.

Pengukuran Laju Respirasi

Laju respirasi diukur menggunakan metode sistem tertutup (*closed system*) dengan prinsip titrasi asam-basa. Sampel buah dengan bobot tertentu dimasukkan ke dalam toples kaca tertutup

rapat yang telah dilengkapi dengan wadah kecil berisi larutan NaOH dengan konsentrasi dan volume tertentu, yang berfungsi menyerap CO₂ yang dihasilkan dari proses respirasi buah selama periode inkubasi tertentu pada suhu perlakuan.

Setelah periode inkubasi, larutan NaOH yang telah menyerap CO₂ diambil dan dititrasi menggunakan larutan HCl standar dengan indikator *fenolftalein* (PP) hingga mencapai titik akhir titrasi yang ditandai dengan perubahan warna larutan dari merah muda menjadi tidak berwarna (bening). Sebagai pembanding, dilakukan pula titrasi terhadap larutan NaOH blanko (tanpa sampel buah) dengan volume HCl yang digunakan sebesar 25 mL, yang berfungsi untuk mengetahui jumlah total NaOH mula-mula sebelum bereaksi dengan CO₂.

Laju respirasi dihitung berdasarkan selisih volume HCl yang digunakan pada titrasi blanko dan titrasi sampel, dengan rumus umum sebagai berikut:

$$\text{Laju Respirasi (mg CO}_2\text{/kg/jam)} = \frac{[(V_{\text{blanko}} - V_{\text{sampel}}) \times N_{\text{HCl}} \times 22 \times 1000]}{(\text{sampel (kg)} \times \text{waktu inkubasi (jam)})}$$

di mana V_{blanko} adalah volume HCl yang digunakan untuk titrasi larutan NaOH blanko (25 mL), V_{sampel} adalah volume HCl yang digunakan untuk titrasi larutan NaOH yang telah menyerap CO₂ dari sampel, dan N adalah normalitas larutan HCl yang digunakan.

Pengukuran laju respirasi dilakukan pada setiap titik waktu pengamatan, yaitu H₀, H₁, H₂, H₃, dan H₄, untuk masing-masing perlakuan dan ulangan.

Pengukuran Susut Bobot

Susut bobot diukur dengan menimbang sampel pada setiap titik waktu pengamatan menggunakan timbangan analitik, kemudian dihitung persentase penyusutan bobot terhadap bobot awal dengan rumus:

$$\text{Susut Bobot (\%)} = \frac{(W_o - W_t)}{W_o} \times 100\%$$

di mana W_o adalah bobot awal sampel (H₀) dan W_t adalah bobot sampel pada waktu pengamatan tertentu (H_t).

Pengukuran Warna, Aroma, dan Tekstur

Parameter warna, aroma, dan tekstur dievaluasi menggunakan uji organoleptik (sensoris) yang dilakukan oleh 15 panelis tak terlatih pada setiap titik waktu pengamatan (H₀ hingga H₄). Setiap panelis diminta memberikan penilaian terhadap masing-masing parameter menggunakan lembar skor dengan skala numerik tertentu (skala 1–5), di mana:

Penilaian warna dilakukan dengan mengamati perubahan visual permukaan kulit buah, dari warna hijau (segar/belum matang) hingga warna kuning/merah (matang) pada tomat, atau dari hijau cerah hingga hijau kusam/pucat pada timun, dengan skor berjenjang dari "sangat hijau/segar" hingga "berubah warna nyata/menguning".

Analisis Data

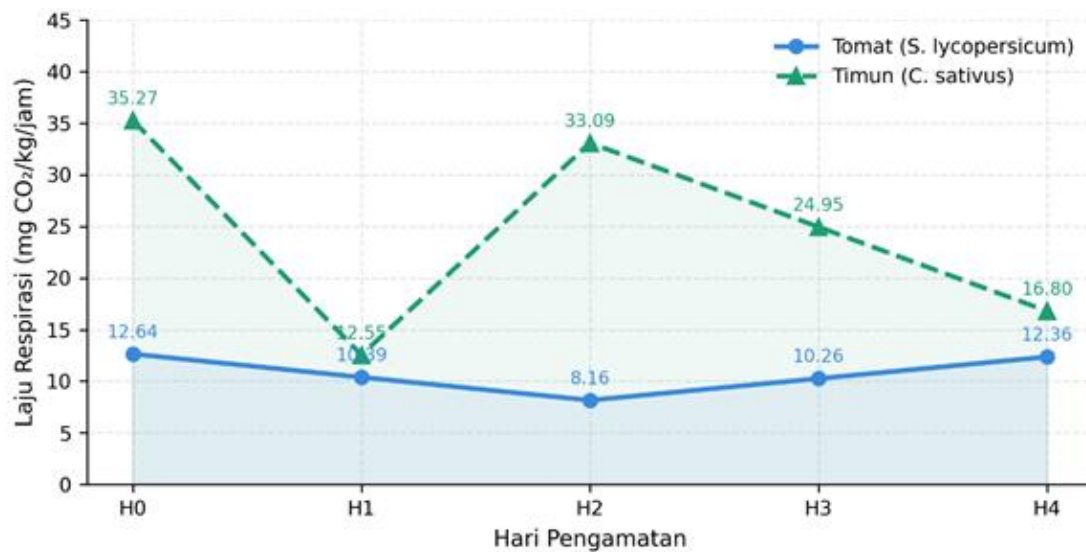
Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis ragam (Analysis of Variance/ANOVA) pada taraf nyata 5% ($\alpha = 0,05$). Apabila hasil ANOVA menunjukkan pengaruh yang nyata (signifikan) pada salah satu atau lebih perlakuan, maka dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan's Multiple Range Test (DMRT) atau uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5% untuk mengetahui perbedaan rata-rata antar perlakuan secara lebih spesifik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dinamika Laju Respirasi Tomat dan Timun Selama Penyimpanan

Laju respirasi merupakan indikator fisiologis utama yang mencerminkan tingkat aktivitas metabolisme buah dan sayuran pasca panen (Fertiasari *et al.*, 2023). Pada penelitian ini, laju respirasi tomat dan timun diukur menggunakan metode sistem tertutup (*closed system*) dengan

titrasi balik HCl selama 4 hari penyimpanan pada suhu 10°C. Hasil pengamatan menunjukkan pola yang berbeda secara nyata antara kedua komoditas tersebut, sebagaimana disajikan pada Gambar 1.



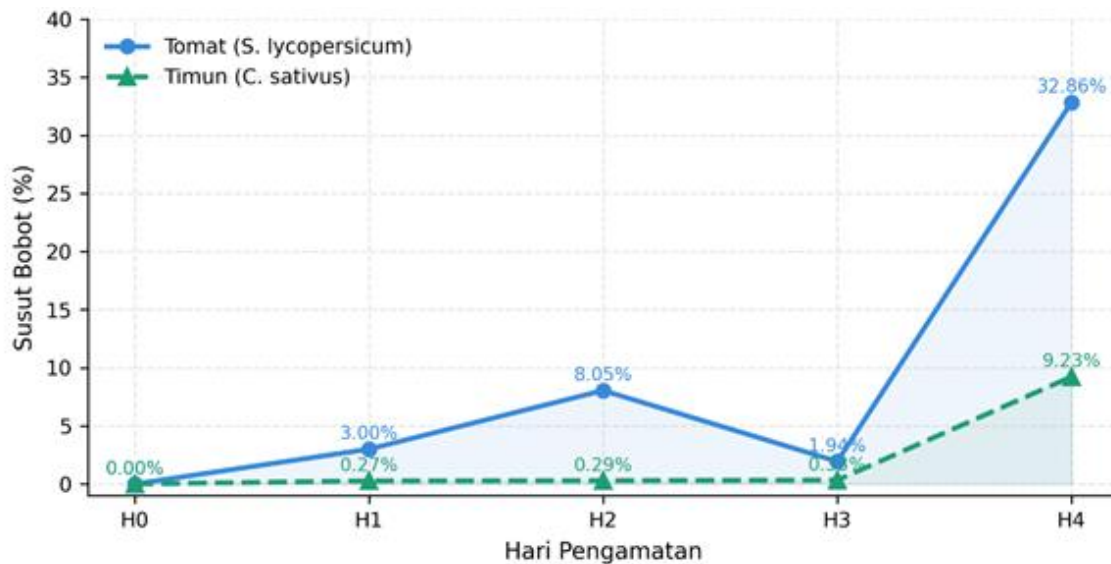
Gambar 1. Dinamika laju respirasi tomat dan timun selama penyimpanan pada suhu 10°C (n=3)

Pada tomat (*Solanum lycopersicum*), laju respirasi menunjukkan pola yang menurun dari H0 (12,64 mg CO₂/kg/jam) menuju titik minimum pada H2 (8,16 mg CO₂/kg/jam), kemudian meningkat kembali pada H3 (10,26 mg CO₂/kg/jam) hingga H4 (12,36 mg CO₂/kg/jam). Pola penurunan-kenaikan ini merupakan karakteristik khas dari fase pra-klimakterik (*pre-climacteric minimum*) yang mendahului lonjakan respirasi klimakterik. Laju respirasi yang diukur melalui produksi karbon dioksida meningkat selama pematangan buah klimakterik sebelum mencapai puncak dan akhirnya memasuki fase penurunan pascaklimakterik. Temuan ini sejalan pula dengan pernyataan bahwa tomat mengikuti pola klimakterik dalam pematangannya, di mana laju respirasi menurun pada awal pematangan kemudian meningkat menuju puncak klimakterik sebelum kembali menurun menjelang senesensi dan kematian jaringan (David *et al.*, 2022). Penyimpanan pada suhu 10°C berhasil menekan laju respirasi tomat pada kisaran rendah (8,16–12,64 mg CO₂/kg/jam) karena suhu rendah di bawah 10°C namun di atas titik beku komoditas mempertahankan mutu pasca panen dengan cara menekan respirasi dan proses metabolik lain yang terlibat dalam senesensi dan pematangan, sehingga proses deteriorasi tertunda (Fitriani *et al.*, 2022).

Sebaliknya, timun (*Cucumis sativus*) menunjukkan pola fluktuasi laju respirasi yang sangat tidak beraturan: 35,27 (H0) → 12,55 (H1) → 33,09 (H2) → 24,95 (H3) → 16,80 (H4) mg CO₂/kg/jam. Pola zigzag yang ekstrem ini menyimpang dari karakteristik respirasi non-klimakterik yang seharusnya menurun secara stabil dan bertahap. Fluktuasi ini paling tepat dijelaskan melalui fenomena *chilling injury* (kerusakan akibat dingin), mengingat timun bersifat sensitif terhadap suhu dingin di bawah 10°C dan dapat mengalami *chilling injury* jika disimpan lebih dari satu hingga tiga hari, dengan konsekuensi berupa area berair, pitting, dan percepatan kerusakan. Suhu penyimpanan 10°C dalam penelitian ini berada tepat di ambang batas kritis tersebut. Kerusakan fisiologis akibat stres dingin ini menyebabkan gangguan pada metabolisme energi seluler dan kebocoran elektrolit membran, yang pada gilirannya menghasilkan pola pelepasan CO₂ yang tidak menentu (Nguyen *et al.*, 2003). Sebagaimana dilaporkan dalam kajian terkini, *chilling injury* merupakan masalah umum yang memengaruhi timun ketika disimpan pada suhu di bawah sekitar 10°C, dan berbagai studi telah berfokus pada upaya menghambat *chilling injury* serta memperpanjang masa simpan produk segar.

Perubahan Susut Bobot Selama Penyimpanan

Susut bobot merupakan parameter fisik yang mencerminkan kehilangan air dari komoditas melalui proses transpirasi dan respirasi. Berdasarkan data yang disajikan pada Gambar 2, kedua komoditas menunjukkan pola susut bobot yang berbeda secara signifikan selama penyimpanan pada suhu 10°C.



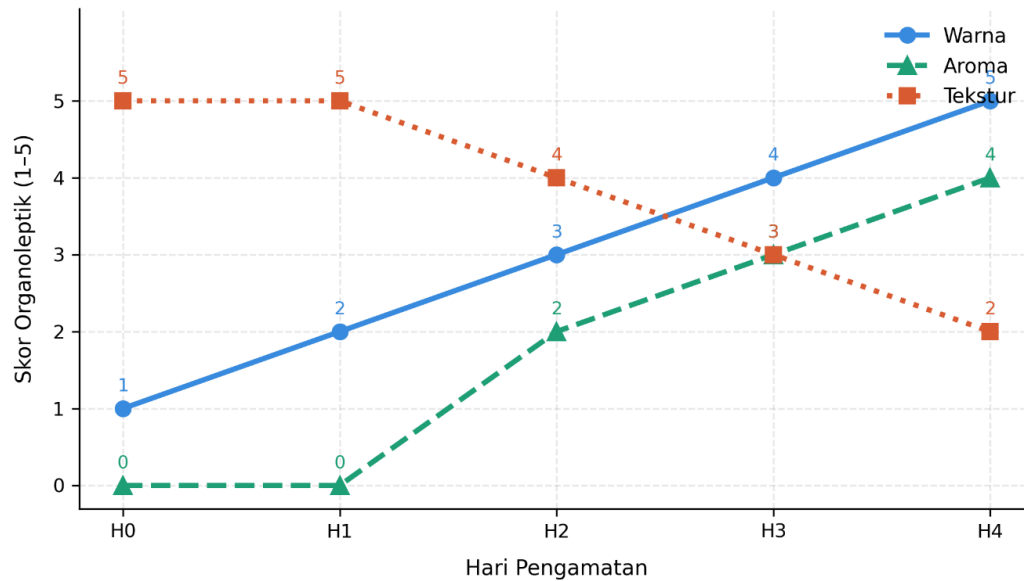
Gambar 2. Persentase susut bobot tomat dan timun selama penyimpanan pada suhu 10°C (n=3)

Tomat mengalami pola susut bobot yang tidak linier, dengan penurunan yang lebih landai pada H0–H2 (dari 0% menjadi 8,04%), sedikit pemulihan relatif pada H3 (1,97% dari bobot H2 justru menunjukkan bobot 546 gram yang lebih tinggi dari H2, kemungkinan akibat perbedaan sampel antar ulangan), kemudian terjadi penurunan tajam dan signifikan pada H4 (32,87% dari bobot awal). Penurunan bobot yang sangat drastis pada hari ke-4 ini mengindikasikan dimulainya proses senesensi dan kerusakan jaringan yang dipercepat oleh pematangan klimakterik. Peningkatan laju respirasi mempercepat penipisan cadangan yang penting bagi pemeliharaan sel, mendorong senesensi, degradasi mutu, dan akhirnya kerusakan produk (Mukherjee & Bhatt, 2022). Kehilangan bobot pada tomat juga diperparah oleh proses transpirasi yang semakin meningkat seiring pematangan, sebagaimana kehilangan air akibat transpirasi dan respirasi merupakan faktor utama dalam deteriorasi mutu tomat selama penyimpanan, yang mengakibatkan kehilangan kekerasan, pengerutan, penurunan mutu visual, dan akhirnya memengaruhi nilai jual komoditas (Fitriani *et al.*, 2022).

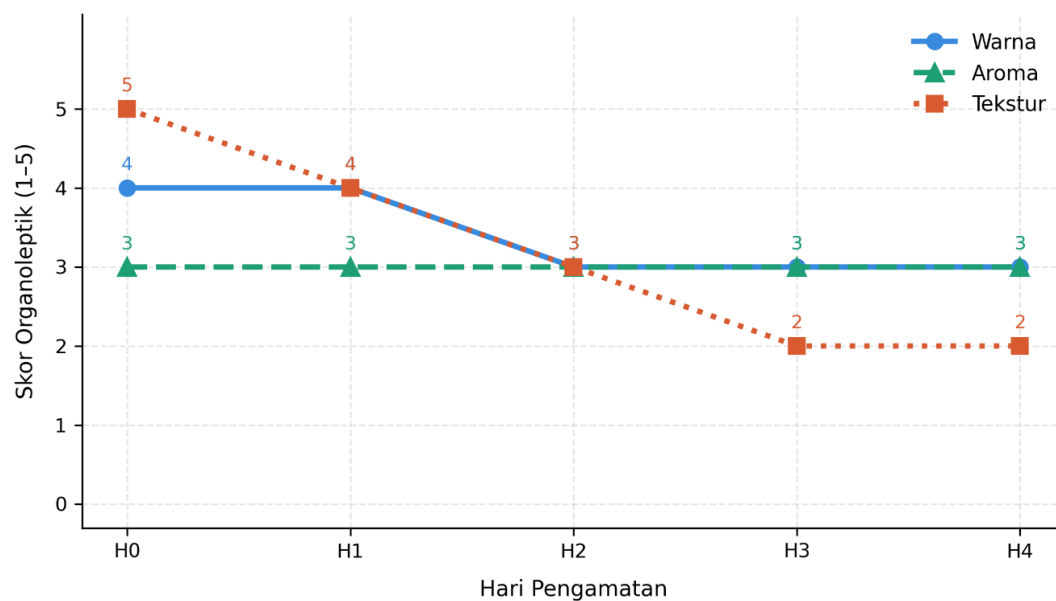
Timun, sebaliknya, menunjukkan susut bobot yang jauh lebih stabil dari H0 hingga H3 (hanya menurun dari 483,4 gram menjadi 481,8 gram, atau susut kurang dari 0,5%), namun mengalami penurunan bobot yang cukup tajam pada H4 (438,79 gram, susut 9,23% dari bobot awal). Stabilitas bobot timun pada H0–H3 mencerminkan tidak adanya proses pematangan aktif yang disertai produksi etilen besar seperti pada tomat. Namun penurunan tajam pada H4 dapat diinterpretasikan sebagai efek kumulatif chilling injury yang menyebabkan kerusakan membran dan kebocoran air jaringan yang baru tampak signifikan menjelang akhir periode penyimpanan. Hal ini konsisten dengan temuan bahwa setelah 12 hari penyimpanan, persentase kehilangan bobot timun berada pada kisaran 1,62 hingga 12,89 persen tergantung kondisi penyimpanan dan jenis kemasan yang digunakan (Ntsoane *et al.*, 2019).

Perubahan Karakteristik Organoleptik

Perubahan parameter organoleptik (warna, aroma, dan tekstur) merupakan indikator mutu yang paling langsung dapat diamati oleh konsumen dan menjadi penentu utama penerimaan pasar. Data perubahan skor organoleptik kedua komoditas disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3a. Perubahan skor organoleptik warna, aroma, dan tekstur Tomat (*S.lycopersicum*) selama penyimpanan pada suhu 10°C (n=3)



Gambar 3b. Perubahan skor organoleptik warna, aroma, dan tekstur Timun (*C.sativus*) selama penyimpanan pada suhu 10°C (n=3)

a. Warna

Pada tomat, warna mengalami perubahan progresif dari hijau (skor 1 pada H0) menjadi hijau-oranye (H1–H2), hijau kemerahan (H3), hingga oranye penuh (skor 5 pada H4). Perubahan warna ini mencerminkan proses degradasi klorofil yang diikuti oleh sintesis karotenoid (terutama likopen) yang merupakan ciri khas pematangan tomat. Selama proses pematangan dan senesensi buah tomat, perubahan signifikan dapat terjadi pada rasa, kandungan metabolit, warna, tekstur,

dan hormon tanaman, yang semuanya dikendalikan oleh proses respirasi, sintesis etilen, serta degradasi dinding sel dan klorofil. Tomat yang dipanen pada tingkat kematangan hijau dan disimpan pada suhu 10°C tetap mengalami pematangan warna yang teratur, meskipun dengan kecepatan yang lebih lambat dibandingkan penyimpanan pada suhu ruang.

Pada timun, perubahan warna bersifat sangat lambat dan minimal, dengan penurunan skor hanya dari "hijau ++++" (skor 4) pada H0–H1 menjadi "hijau +++" (skor 3) pada H2–H4. Stabilitas warna hijau timun ini konsisten dengan sifat non-klimakteriknya, karena tidak ada lonjakan etilen yang memicu perubahan pigmen secara besar-besaran. Meskipun demikian, penurunan intensitas warna hijau yang mulai teramati pada H2 dapat dikaitkan dengan awal kerusakan klorofil akibat paparan stres dingin yang berlangsung pada suhu 10°C.

b. Aroma

Perubahan aroma pada tomat menunjukkan pola yang sangat jelas berkaitan dengan perkembangan pematangan klimakteriknya: tidak terdeteksi aroma pada H0 dan H1, kemudian mulai muncul aroma khas tomat pada H2 (skor 2), meningkat pada H3 (skor 3) dan H4 (skor 4). Munculnya aroma khas ini berkorelasi langsung dengan peningkatan laju respirasi yang teramati mulai H2, karena proses fisikokimia seperti laju respirasi, sintesis etilen, degradasi dinding sel, dan degradasi klorofil memainkan peran penting dalam pelunakan dan pematangan buah tomat, sehingga selama pematangan dan senesensi terjadi perubahan signifikan pada rasa, warna, tekstur, dan kandungan metabolit.

Sebaliknya, aroma timun relatif stabil pada skor 3 (aroma khas timun) sepanjang seluruh periode pengamatan (H0–H4), tanpa menunjukkan peningkatan maupun penurunan yang signifikan. Stabilitas aroma ini mencerminkan tidak adanya proses biokimia besar terkait pematangan pada komoditas non-klimakterik, karena tanpa lonjakan etilen, jalur biosintesis senyawa volatil aroma tidak teraktivasi secara masif seperti yang terjadi pada buah klimakterik (Pech *et al.*, 2008).

c. Tekstur

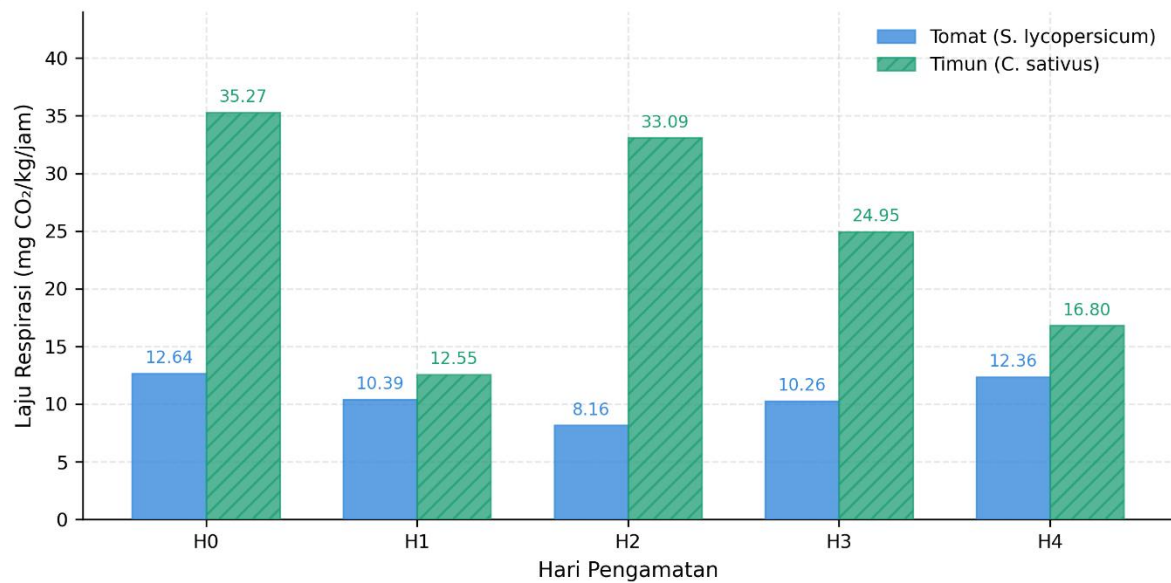
Parameter tekstur menunjukkan perubahan yang konsisten pada kedua komoditas, meskipun dengan mekanisme yang berbeda. Pada tomat, skor tekstur menurun dari "keras +++++" (skor 5) pada H0–H1, menjadi "keras +++++" pada H2, "keras +++" pada H3, dan "keras ++" pada H4. Pelunakan bertahap ini merupakan konsekuensi langsung dari aktivitas enzim pendegradasi dinding sel yang diinduksi oleh etilen selama pematangan klimakterik. Mekanisme yang mendasari perubahan ini melibatkan stimulasi produksi etilen yang mempercepat aktivitas enzim pendegradasi dinding sel seperti poligalakturonase, pektin metilesterase, dan selulase yang mendegradasi pektin pada dinding sel. Selain itu, suhu penyimpanan rendah memperlambat aktivitas metabolik tomat yang disimpan, menghasilkan pengurangan kehilangan kekerasan, sehingga tomat yang disimpan dalam kondisi dingin mempertahankan kekerasan lebih baik dibandingkan yang disimpan pada suhu ruang (Breemer & Pattiruhu, 2024).

Pada timun, skor tekstur juga mengalami penurunan dari "keras +++++" (skor 5) pada H0 menjadi "keras +++++" pada H1, "keras +++" pada H2, dan "keras ++" pada H3 dan H4. Meskipun laju penurunan skornya hampir sama dengan tomat, mekanismenya berbeda. Pelunakan pada timun non-klimakterik lebih banyak disebabkan oleh kehilangan turgor akibat transpirasi dan kerusakan struktural dinding sel yang dipicu oleh stres dingin (chilling injury), bukan oleh aktivitas enzim pendegradasi dinding sel yang diinduksi etilen (Tomita *et al.*, 2023). Hal ini didukung oleh temuan bahwa timun menunjukkan kehilangan kekerasan yang cepat selama penyimpanan, yang terutama disebabkan oleh kehilangan air, dan kekerasan merupakan indikator penting dari mutu dan masa simpan produk pertanian karena mencerminkan perubahan biokimia yang terjadi pada struktur sel (Utari *et al.*, 2025).

Perbandingan Pola Respirasi dan Implikasi Strategi Penyimpanan

Secara keseluruhan, perbandingan pola laju respirasi antara tomat dan timun selama penyimpanan pada suhu 10°C memberikan gambaran yang jelas mengenai perbedaan fisiologi

pasca panen antara komoditas klimakterik dan non-klimakterik, sebagaimana divisualisasikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan laju respirasi tomat dan timun per hari pengamatan pada suhu 10°C (n=3)

Tomat, sebagai buah klimakterik, menunjukkan dinamika respirasi yang dapat diprediksi dan berkaitan erat dengan progresi pematangan alami: turun pada fase pra-klimakterik, kemudian naik kembali mendekati nilai awal seiring dimulainya fase klimakterik. Seluruh perubahan parameter mutu (warna, aroma, tekstur, susut bobot) berjalan paralel dengan perubahan laju respirasi ini, membentuk suatu rangkaian perubahan terkoordinasi yang khas dari buah klimakterik (Sualah *et al.*, 2022).

Timun, sebagai komoditas non-klimakterik, justru memperlihatkan bahwa respons terhadap kondisi penyimpanan yang tidak sesuai (suhu tepat di ambang batas chilling injury) dapat menghasilkan pola respirasi yang sangat tidak teratur. Temuan ini memberikan implikasi praktis yang penting: suhu optimal penyimpanan timun seharusnya berada pada kisaran 12–13°C, bukan 10°C seperti yang digunakan dalam penelitian ini. Timun sering diangkut dan disimpan pada suhu dingin 10–13°C, dengan suhu optimal penyimpanan timun adalah 12°C, sementara penyimpanan di bawah 7°C menyebabkan chilling injury yang mengakibatkan perubahan fisiologis dan morfologis (Tomita *et al.*, 2023).

Perbedaan respons kedua komoditas ini menegaskan bahwa penentuan suhu penyimpanan pasca panen tidak dapat dilakukan secara seragam hanya berdasarkan kategori umum "buah/sayuran yang memerlukan pendinginan". Setiap komoditas memiliki kisaran suhu optimal dan ambang batas kerusakan dingin yang berbeda, dan pemahaman terhadap pola respirasi masing-masing komoditas menjadi landasan penting dalam menentukan strategi penanganan pasca panen yang tepat dan efisien untuk menekan kehilangan hasil serta mempertahankan mutu selama rantai distribusi.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa tomat (*Solanum lycopersicum*) dan timun (*Cucumis sativus*) memiliki pola respirasi dan perubahan mutu pasca panen yang berbeda secara nyata selama penyimpanan pada suhu 10°C. Tomat memperlihatkan pola respirasi klimakterik yang khas dengan laju respirasi minimum pada hari ke-2 (8,16 mg CO₂/kg/jam) yang diikuti peningkatan menuju fase klimakterik, disertai perubahan warna, aroma, dan tekstur yang terkoordinasi secara fisiologis. Timun menunjukkan fluktuasi respirasi yang tidak beraturan yang diduga merupakan respons terhadap chilling injury pada suhu penyimpanan 10°C, dengan perubahan warna dan aroma yang relatif stabil namun disertai penurunan tekstur dan peningkatan susut bobot pada akhir periode

penyimpanan. Hasil penelitian menegaskan bahwa suhu penyimpanan optimal harus ditentukan secara spesifik untuk setiap komoditas, di mana tomat dapat disimpan pada suhu 10°C, sementara timun memerlukan suhu yang lebih tinggi (12–13°C) untuk mempertahankan mutu dan mencegah kerusakan akibat stres dingin.

REFERENSI

- Breemer, R., & Pattiruhu, G. (2024). Pengaruh suhu dan sistim penyimpanan terhadap mutu fisik tomat. *Jurnal Sains Dan Teknologi Pangan*, 9(5).
- David, S., Levin, E., Fallik, E., Alkalai-Tuvia, S., Foolad, M. R., & Lers, A. (2022). Physiological genetic variation in tomato fruit chilling tolerance during postharvest storage. *Frontiers in Plant Science*, 13, 991983. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.991983>
- Djaafar, T. F., Marwati, T., Indrasari, S. D., Hatmi, R. U., Purwaningsih, P., Siswanto, N., ... & Supriyadi, S. (2022). Mutu fisik buah salak pondoh (*Salacca edulis* reinw): pengaruh pelilinan dan pengemasan menggunakan kantong plastik low density polyethylene. *AgriTECH*, 42(2), 113-122.
- Fertiasari, R., Arditian, S., Yuliani, S., Nurhafiza, N., & Aryasari, P. (2023). Perubahan Fisiologi Buah Tomat (*Solanum Lycopersicum*) Terhadap Suhu Kamar Dan Umur Simpan Yang Memengaruhi Mutu. *Journal of Food Security and Agroindustry*, 1(3), 97-104.
- Fitriani, A., Tamrin, T., Rahmawati, W., & Kuncoro, S. (2022). Pengaruh Suhu Penyimpanan dan Varietas terhadap Mutu Buah Tomat. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, 1(4), 549-557.
- Hertha, D., & Jati, I. R. A. (2025). Aplikasi Edible Coating Berbasis Nanoteknologi Pada Buah Klimaterik. *Jurnal Zigma*, Vol. 40(1).
- Mukherjee, S., & Bhatt, D. L. (2022). Quality attributes, physiology, and postharvest technologies of tomatoes (*Lycopersicum esculentum*) – A review. *American Journal of Food Science and Technology*, 12(2), 1–18. <https://pubs.sciepub.com/ajfst/12/2/1>
- Nguyen, T. B. T., Ketsa, S., & van Doorn, W. G. (2003). Chilling-injury in cucumber fruits. I. Effects of storage temperature on symptoms and physiological changes. *Postharvest Biology and Technology*, 28(3), 369–381. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(02\)00201-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00201-2)
- Ntsoane, L. L., Mathaba, N., & Mafeo, T. P. (2019). Improving postharvest storage quality of cucumber fruit by modified atmosphere packaging and biomaterials. *HortScience*, 54(11), 2005–2012. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14266-19>
- Padya, I. R. (2025). PENGUKURAN LAJU RESPIRASI BERBAGAI PRODUK HORTIKULTURA. *Jurnal Besemah Teknologi Hasil Pertanian*, 4(02), 8-15.
- Pech, J. C., Bouzayen, M., & Latché, A. J. P. S. (2008). Climacteric fruit ripening: ethylene-dependent and independent regulation of ripening pathways in melon fruit. *Plant science*, 175(1-2), 114-120.
- Putri, N. A. (2024). *Model Matematik dan Karakteristik Produksi Etilen Buah Klimakterik dan Non Klimakterik dengan Perlakuan 1-Methylcyclopropene (1-MCP)* (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- Rahman, A. F., & Faisal, M. (2023). Pendugaan laju respirasi pisang barangan menggunakan model arrhenius Prediction of respiration rate of barangan banana using arrhenius model. *Jurnal Agrotek UMMAT*, 10(1), 20-29.
- Sualeh, A., Woldemariam, H. W., Mohammed, A., & Daba, A. (2022). Effects of preharvest applications of chemicals and storage conditions on the physico-chemical characteristics and shelf life of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Heliyon*, 8(5), e09421. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09421>
- Tomita, S., Ando, Y., Watanabe, T., & Nagata, M. (2023). Physical, chemical, and physiological characterization of the reactions preceding chilling injury-induced cell membrane damage in cucumber. *Postharvest Biology and Technology*, 201, 112349.

- Utari, N. W. A., Wahyuni, S., Gumaran, S., & Kusmali, M. (2025). Reduksi Kerusakan Fisik Mentimun dengan Jenis Kemasan yang Berbeda Setelah Simulasi Transportasi: Penelitian. *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan*, 4(1), 3491-3497.
- Wulandari, D., & Ambarwati, E. (2022). Laju Respirasi Buah Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) yang Dilapisi dengan Kitosan Selama Penyimpanan The Respiration Rate of Tomato Fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Coated with Chitosan During Storage.