



## Pengaruh Perendaman Air Hangat terhadap Kualitas dan Umur Simpan Buah Jeruk Siam (*Citrus nobilis* Lour var. *microcarpa*)

*Effect of Warm Water Immersion on Quality and Shelf Life of Siamese Orange Fruit (Citrus nobilis Lour var. microcarpa)*

Theo Fedrik Simanjuntak, Gede Arda\*, Sumiyati

Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Badung, Bali, Indonesia

### ABSTRAK

Jeruk siam (*Citrus nobilis* Lour var. *Microcarpa*) menjadi salah satu komoditas favorit di Indonesia, namun rentan mengalami penurunan kualitas durasi penyimpanan akibat beberapa faktor seperti kehilangan air, serangan mikroorganisme, dan perubahan biokimia. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh suhu dan durasi perendaman air hangat (*Hot Water Treatment*) dalam mempertahankan kualitas fisiko-kimia dan memperpanjang umur simpan buah jeruk siam. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan dua faktor, yaitu suhu perendaman 45°C, 50°C, dan 60°C dan durasi perendaman 1 dan 5 menit. Buah jeruk yang telah diberi perlakuan kemudian disimpan pada suhu 5±2°C, dan selanjutnya dilakukan pengamatan parameter meliputi susut bobot, kekerasan buah, tingkat kerusakan, laju respirasi, Total Padatan Terlarut (TPT), dan nilai pH dengan interval pengamatan 3 hari selama 24 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perendaman pada suhu 50°C durasi 1 menit memberikan hasil paling optimal. Dengan perlakuan ini, kehilangan berat produk berhasil ditekan hingga hanya 6,28% setelah disimpan selama 24 hari., mempertahankan kekerasan buah pada 42,54 N hingga hari ke-9, serta memperpanjang umur simpan hingga hari ke-36. Selain itu, parameter TPT dan pH tetap stabil dengan nilai masing-masing 8,27°Brix dan 3,41. Sebaliknya, perlakuan suhu 60°C dengan durasi 5 menit justru mempercepat kerusakan akibat efek termal yang merusak jaringan buah. Simpulan penelitian mengungkapkan bahwa perendaman air hangat pada suhu 50°C durasi 1 menit mampu memperpanjang umur simpan jeruk siam hingga 36 hari, 9 hari lebih lama dibandingkan kontrol yang hanya bertahan selama 27 hari.

**Kata Kunci:** Jeruk siam, perendaman air hangat, kualitas buah, umur simpan, fisiko-kimia

### ABSTRACT

Siamese orange (*Citrus nobilis* Lour var. *Microcarpa*) is one of Indonesia's favourite commodities, but it is prone to a decline in storage quality due to several factors such as water loss, microbial attack, and biochemical changes. This study aims to analyse the effect of temperature and duration of hot water treatment (HWT) on maintaining the physico-chemical quality and extending the shelf life of Siamese oranges. The experimental design used was a Complete Randomized Design (CRD) factorial with two factors: immersion temperature 45°C, 50°C, and 60°C and immersion duration 1 and 5 minutes. The treated oranges were then stored at 5±2°C, and observations were conducted on parameters including weight loss, fruit firmness, damage level, respiration rate, Total Soluble Solids (TSS), and pH value at 3-day intervals over 24 days. The results showed that immersion at 50°C for 1 minute yielded the most optimal results. With this treatment, weight loss was reduced to only 6.28% after 24 days of storage, fruit firmness was maintained at 42.54 N until day 9, and shelf life was extended to day 36. Additionally, TSS and pH remained stable at 8.27°Brix and 3.41, respectively. Conversely, treatment at 60°C for 5 minutes accelerated damage due to thermal effects that damaged the fruit tissue. The study concluded that soaking in warm water at 50°C for 1 minute can extend the shelf life of Siam oranges to 36 days, 9 days longer than the control group, which only lasted 27 days.

**Keywords:** Citrus, Hot Water Treatment, fruit quality, shelf life, postharvest. Physico-chemistry.

#### \*Corresponding author:

Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Badung, Bali, Indonesia.

Email: [gedearda@unud.ac.id](mailto:gedearda@unud.ac.id)

Masuk: 12 Juni 2025;

Direvisi: 24 Juni 2025;

Diterima: 14 Juli 2025;

Terbit: 30 April 2026

## PENDAHULUAN

Jeruk siam (*Citrus nobilis* Lour var. *Microcarpa*) merupakan varietas yang mendominasi sekitar 70–80% pasar buah jeruk di Indonesia. Data BPS (2024) menunjukkan produksi jeruk siam mencapai 2,5 juta ton per tahun selama periode 2021–2023. Sebagai buah non-klimaterik, jeruk siam menghadapi tantangan pascapanen berupa penurunan kualitas cepat akibat proses fisiologis, enzimatis, dan kimiawi yang berlangsung setelah pemanenan (Astutik, 2015).

Kondisi ini juga terjadi di lapangan, khususnya di daerah Simalungun, Sumatera Utara, dimana pengepul buah jeruk siam mengeluhkan adanya kerusakan buah selama transportasi menuju pabrik di Pulau Jawa. Hal ini disebabkan oleh kehilangan air, laju respirasi yang rendah, serangan mikroorganisme, dan perubahan biokimia. Untuk mengatasinya, diperlukan metode penyimpanan yang tepat untuk mengendalikan laju respirasi dan transpirasi, serta mempertahankan kualitas produk (Astutik, 2015). Permasalahan ini mendorong perlunya penelitian untuk menemukan metode penanganan pascapanen yang efektif dalam memperpanjang umur simpan buah jeruk siam. Berbagai perlakuan pascapanen alternatif telah dikembangkan, meliputi perlakuan fisik, kimia, biologis, serta kombinasinya (Palou et al., 2008). Di antara metode tersebut, perlakuan perendaman air hangat menjadi pilihan yang menarik karena sifatnya yang sederhana, mudah diterapkan, aman, dan ramah lingkungan. Metode ini dapat mencegah penyakit pascapanen tanpa meninggalkan residu kimia berbahaya (Mutirani et al., 2023). Perendaman singkat durasi 1–10 menit dalam air hangat diantara suhu 45–60°C telah menunjukkan potensi mengurangi jamur hijau dan biru pada buah jeruk (Palou et al., 2008).

Berdasarkan potensi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh suhu dan durasi perendaman air hangat terhadap kualitas fisik dan kimia buah jeruk siam selama penyimpanan, seiring menentukan kombinasi suhu dan durasi yang terbaik mempertahankan masa simpan. Optimasi metode perlakuan air hangat ini diharapkan dapat menjadi solusi praktis bagi petani dan pelaku industri dalam upaya mempertahankan kualitas pascapanen jeruk siam secara ekonomis, efektif, dan berkelanjutan.

## METODE

### Tempat dan Waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pascapanen Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem yang berlokasi di Agrokomplek, Kampus Sudirman, Universitas Udayana pada bulan Januari – Februari 2025.

### Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini meliputi, timbangan analitik (AND GF–300, Jepang), gelas beaker, keranjang plastik, refraktometer, colorimeter *Texture Analyzer* (TA. XTplus, Microstable, England), plastik HDPE, *waterbath* (Lab Line 18102–ICE), pH meter (Lutron pH–233, Taiwan), showcase (GEA), kertas saring, toples plastik, *styrofoam box*, tissue napkin, *oxygen detector* (Smart Sensor AR8100, China), selotip 10 mm, termometer (TPM–10), *thermostat*. Bahan yang digunakan berupa jeruk siam berdiameter 4–6 cm, berwarna hijau kekuningan, dipanen 8 bulan setelah panen sebelumnya, dan diperoleh dari pengepul di Desa Kintamani, Kabupaten Bangli. Bahan tambahan berupa aquades sebanyak 13 liter.

### Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan persiapan alat dan bahan penelitian lalu dilakukan pengambilan sampel jeruk dari Desa Kintamani, Kabupaten Bangli. Setelah itu suhu buah di stabilkan dengan suhu 10°C durasi 60 menit untuk menstabilkan temperatur buah. Proses perendaman dilakukan menggunakan *waterbath* dengan tiga variasi suhu 45±1°C, 50±1°C, dan 60±1°C dan dua variasi waktu durasi 1 menit dan 5 menit, masing-masing dengan tiga kali pengulangan.

Langkah berikutnya adalah pengemasan, dimana jeruk yang telah diberi perlakuan perendaman dikemas dalam plastik HDPE (*High-Density Polyethylene*) yang beketebalan 2,5 mikron, berukuran

25x35 cm dan disimpan dalam ruang pendingin dengan suhu terjaga pada 5±2°C. Parameter mutu dari jeruk diukur secara berkala setiap 3 hari sekali, meliputi susut bobot, tingkat kekerasan, intensitas kerusakan, perubahan warna, laju respirasi, jumlah padatan terlarut, dan tingkat keasaman (pH). Parameter intensitas kerusakan digunakan untuk menentukan umur simpan jeruk simpan yang memperoleh perlakuan, dimana buah jeruk dinyatakan sudah mencapai batas kerusakan yang diterima jika nilai intensitas kerusakannya mencapai 50%.

**Analisis Data**

Data diolah dan dianalisis secara statistik menggunakan analisis varians (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diamati. Jika hasil analisis varians menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar perlakuan (p < 0,05), maka dilanjutkan dengan uji lanjut *Duncan's new multiple range test* (DMRT). Seluruh analisis statistik dilakukan dengan perangkat lunak Microsoft Excel.

**Parameter yang Diamati**

**Susut Bobot**

Pengukuran susut bobot dilakukan berdasarkan selisih berat awal dan berat pada saat pengukuran selama periode penyimpanan buah yang dinyatakan dalam (%) dengan persamaan sebagai berikut (Prastya et al., 2015)

$$susut\ bobot\ (\%) = \frac{W_0 - W_t}{W_0} \times 100\% \dots\dots\dots [1]$$

W<sub>0</sub> (g) adalah berat awal dan W<sub>t</sub> (g) adalah berat buah jeruk siam saat pengamatan selama periode penyimpanan. Pengukuran dilakukan setiap 3 hari sekali terhadap buah yang sama selama periode penyimpanan.

**Kekerasan Buah**

Pengukuran kekerasan buah menggunakan *Texture Analyzer* (TA. XTplus, Microstable, England) yang dikendalikan menggunakan software *Texture Exponent 32*. Kecepatan tusukan yang digunakan dalam pengukuran kekerasan buah jeruk siam (*test speed*) yaitu 5 mm/detik dengan kedalaman tusukan (*test distance*) 12 mm. Test dilakukan pada tiga sisi ekuatro buah jeruk dan nilai kekerasan dinyatakan dalam satuan Newton (N).

**Intensitas Kerusakan**

Pengamatan dilakukan secara visual terhadap kulit buah jeruk yang mengalami kerusakan antara lain: memar, bercak hitam, munculnya jamur, tekstur yang lunak dan mengeluarkan aroma busuk. Persentase kerusakan dapat dihitung menggunakan rumus berikut (Prastya et al., 2015).

$$P(\%) = \frac{\sum(n \times v)}{N \times V} \times 100\% \dots\dots\dots [2]$$

Dimana :

- P = Intensitas Kerusakan (%)
- N = Jumlah produk dalam satuan unit percobaan
- V = Rating maksimum
- n = Jumlah produk pada setiap rating
- v = Nilai rating pembusukan

Tabel 1. Kategori Intensitas Kerusakan

Kebusukan Individual (%)	Rating
0	0
1-10	1
11-20	2
21-30	3
31-40	4
41-50	5
>50	6

### Nilai Warna a\*

Pengukuran nilai warna a\* merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan kualitas dan tingkat kematangan buah jeruk. nilai a\* memiliki rentang spektrum dari -128 hingga +127, di mana nilai negatif (a\*-) merepresentasikan dominasi warna hijau dan nilai positif (a\*+) mengindikasikan kecenderungan warna merah. Semakin negatif (hijau) nilai a\* pada kulit jeruk, semakin kuat intensitas warna hijau yang menandakan buah masih dalam fase pra-matang (Merah/kuning). Sebaliknya, peningkatan nilai a\* ke arah positif menunjukkan transisi progresif menuju spektrum merah yang mengindikasikan proses pematangan sedang berlangsung.

### Laju Respirasi

Laju respirasi buah jeruk siam yang menunjukkan laju konsumsi oksigen selama penyimpanan dengan prosedur, buah jeruk yang memiliki berat antara 300–400gram dimasukkan ke dalam toples. Tutup toples tersebut telah dilubangi kecil dan ditutup dengan selotip perekat. Toples kemudian disimpan di dalam showcase dengan suhu  $5\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Pengukuran dilakukan dengan cara menutup rapat toples selama 1 jam untuk memastikan gas di dalam terakumulasi, sebanyak 10 ml sampel oksigen diambil dari ruang kepala (*headspace*) menggunakan spuit melalui lubang di tutup toples. Selanjutnya, kadar oksigen diukur menggunakan alat *Oxygen Detector*.

Dengan menggunakan rumus:

$$RR = \frac{[O_2]_0 - [O_2]_t \times V_{hs}}{M_{sampel} \times t} \dots\dots\dots [3]$$

Dimana :

- RR = Laju respirasi (ml/kg-jam)
- $[O_2]_0$  = Konsentrasi awal oksigen
- $[O_2]_t$  = Konsentrasi oksigen pada waktu tertentu
- $M_{sampel}$  = Berat sampel buah
- $V_{hs}$  = Volume headspace
- t = waktu pengukuran

Untuk mendapatkan volume headspace digunakan rumus:

$$V_{hs} = V_{toples} \frac{\text{Berat sampel}}{\text{Densitas jeruk}} \dots\dots\dots [4]$$

Dimana:

- Vhs = Volume Headspace (ml)
- Vtoples = Volume toples (ml)
- Densitas jeruk = massa jenis buah jeruk (g)

### Total Padatan Terlarut (TPT)

Pengukuran total padatan terlarut menggunakan alat refraktometer diawali dengan menghaluskan 2 ml sampel menjadi cairan, menyaringnya untuk memisahkan ampas, dan meneteskan cairan hasil penyaringan ke dalam gelas beaker. Nilai °Brix yang muncul pada layar digital menunjukkan jumlah padatan terlarut dalam sampel buah dengan cara yang akurat dan mudah dibaca.

### Nilai pH

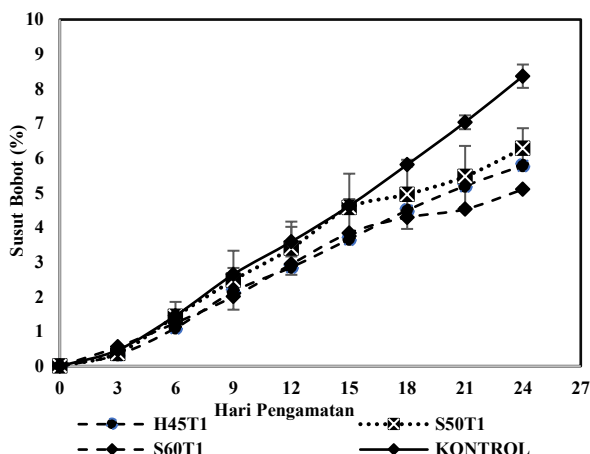
Pengukuran nilai pH menggunakan pH meter yang dilakukan dengan cara memeras buah untuk mendapatkan sarinya, setelah itu menuangkan sari buah ke dalam gelas beaker, lalu memasukkan elektroda pH meter ke dalam cairan tersebut. Nilai pH akan muncul pada layar digital, menunjukkan tingkat keasaman dari sampel yang sedang diuji (Dwiloka et al., 2022).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

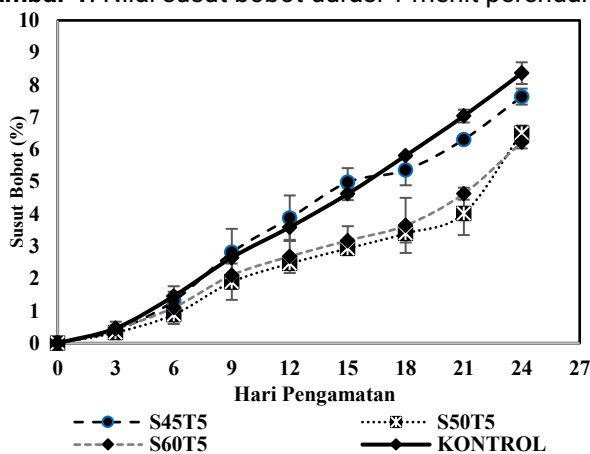
### Susut Bobot

Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa suhu dan lama perendaman berpengaruh nyata ( $p < 0,00361$ ) terhadap penyusutan bobot jeruk siam selama 24 hari penyimpanan. Pada durasi perendaman selama 1 menit, pada hari ke-3 sampai ke-12, perlakuan tersebut menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata, namun mulai hari ke-15, perbedaan signifikan antar perlakuan mulai terlihat jelas secara statistik terlihat pada Gambar 1. Fenomena ini menunjukkan bahwa suhu perlakuan  $45^{\circ}\text{C}$  tidak cukup hangat untuk melelehkan lilin kutikula kulit jeruk siam sehingga tidak

terjadi redistribusi lilin pada permukaan buah. Akibatnya, ruang-ruang celah untuk jalan uap air menguap dari buah tidak tertutup oleh lilin kutikula. Sebaliknya, perlakuan dengan suhu perendaman 50 dan 60°C mampu melelehkan lilin kutikula dan mampu menurunkan susut bobot buah jeruk.



Gambar 1. Nilai susut bobot durasi 1 menit perendaman



Gambar 2. Nilai susut bobot durasi 5 menit perendaman

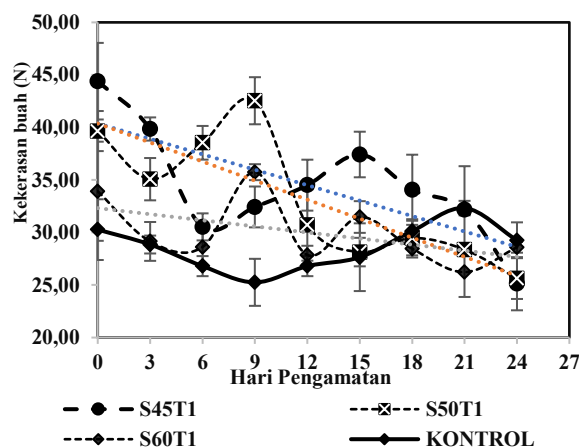
Perendaman jeruk siam pada suhu 50°C dengan durasi 5 menit secara signifikan menekan susut bobot, terutama pada pengamatan hari ke-15 ( $p < 0,00361$ ). Terlihat pada Gambar 2, Perlakuan 45°C tidak memicu redistribusi lilin kutikula pada permukaan kulit jeruk. Hal ini menunjukkan bahwa suhu tersebut belum mencapai ambang panas yang diperlukan untuk melunakkan atau mencairkan lapisan lilin. Sebaliknya, pada perlakuan 50°C dan 60°C menunjukkan pola susut bobot yang serupa, menginformasikan bahwa suhu sekitar 50°C diperlukan untuk mengaktifkan redistribusi lilin kutikula. Proses redistribusi ini membentuk lapisan pelindung homogen pasca pendinginan, yang secara efektif menutupi evaporasi air dari jaringan buah, sehingga mengurangi susut bobot secara signifikan dibandingkan dengan perlakuan 45°C dan kontrol.

Temuan ini sejalan dengan penelitian García et al. (2016) yang melaporkan bahwa perlakuan termal pada suhu 45–53°C durasi 3–5 menit menginduksi redistribusi lilin kutikula pada permukaan buah, membentuk lapisan pelindung yang homogen setelah pendinginan. Lapisan ini mengurangi penguapan air pada flavedo, sehingga menghambat evaporasi air dari jaringan buah. Sebaliknya, perlakuan pada suhu 60°C durasi 5 menit justru meningkatkan susut bobot, akibat kerusakan dinding dan membran sel sebagaimana dijelaskan oleh (Jacobi et al., 2000).

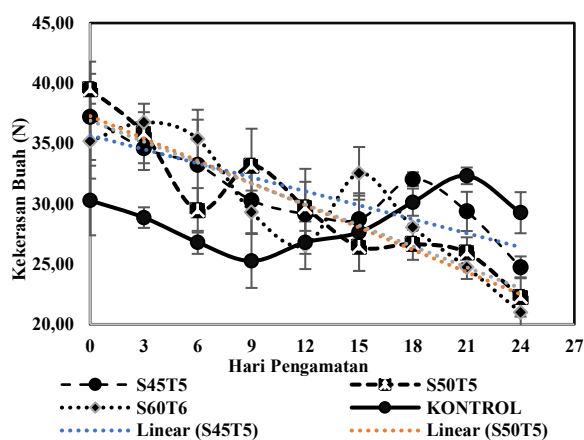
### Kekerasan Buah

Parameter kekerasan kulit jeruk yang merepresentasikan gaya maksimum yang diperlukan untuk merobek permukaan kulit. Hasil analisis menunjukkan bahwa durasi penyimpanan berpengaruh signifikan terhadap penurunan kekerasan kulit, terutama akibat menurunnya turgorsitas yang mengakibatkan penguapan air. Hal ini terlihat dari perbandingan nilai kekerasan di awal dan akhir

penyimpanan, di mana tren penurunan teramati meskipun terjadi fluktuasi data selama periode penyimpanan.



Gambar 3. Nilai Kekerasan buah durasi 1 menit perendaman

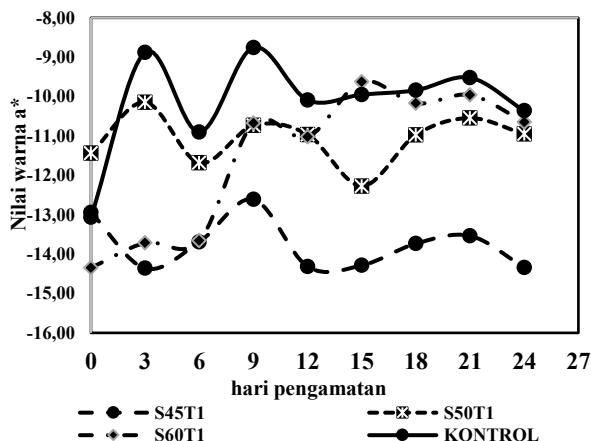


Gambar 4. Nilai kekerasan buah durasi 5 menit perendaman

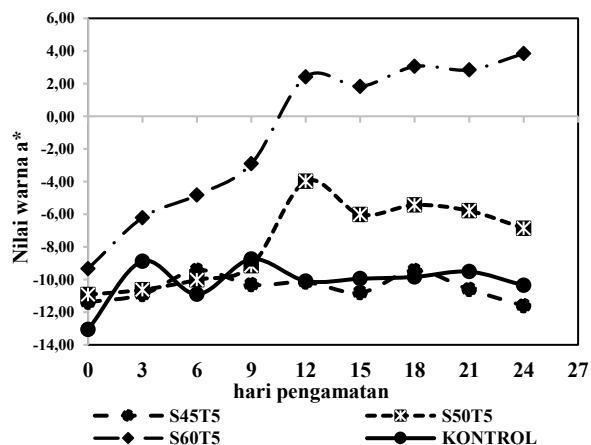
Berdasarkan Gambar 3 dan Gambar 4, perlakuan perendaman suhu 45°C dan 50°C dengan durasi 1 menit mampu mempertahankan kekerasan kulit jeruk sekitar 40 N, lebih tinggi dibandingkan perlakuan 60°C. Namun, durasi perendaman 5 menit justru menurunkan kekerasan di semua perlakuan suhu, dengan nilai akhir di bawah 40 N. Pola serupa terlihat pada akhir penyimpanan, di mana perlakuan 1 menit menghasilkan kekerasan lebih tinggi daripada perlakuan 5 menit, mengindikasikan bahwa durasi singkat lebih optimal untuk mempertahankan struktur jaringan buah. Perlakuan perendaman dengan suhu 60°C mempercepat laju respirasi dan aktivitas enzim pektinolitik seperti *poligalakturonase* (PG) dan *pektinmetilesterase* (PME). Kedua enzim ini mendegradasi pektin pada lamela tengah dan dinding sel, sehingga menyebabkan pelunakan jaringan (Syahfitri et al., 2006). Sebaliknya, perlakuan 45°C dan 50°C durasi 1 menit menghambat aktivitas enzim tersebut tanpa menyebabkan kerusakan termal, sehingga kekerasan buah relatif stabil hingga hari penyimpanan ke-12. Perlakuan 60°C durasi 5 menit mempercepat penurunan kekerasan, sementara perlakuan suhu 50°C durasi 1 menit menunjukkan hasil yang baik. Perbedaan signifikan muncul pada hari ke-15, di mana perlakuan suhu 45°C – 50°C tetap mempertahankan tekstur lebih baik meskipun susut bobot meningkat. Namun, hubungan antara susut bobot dan kekerasan tidak bersifat linier, terutama pada hari ke-12 hingga ke-18, di mana beberapa perlakuan menunjukkan fluktuasi kekerasan. Fenomena ini mengindikasikan bahwa faktor lain, seperti adaptasi jaringan atau ketahanan enzim, mungkin turut berperan.

**Nilai warna a\***

Berdasarkan analisis keseluruhan, nilai a\* pada kulit jeruk perlakuan perendaman 60°C mengalami pergeseran dari rentang negatif ke positif selama penyimpanan. Dimana warna hijau cenderung berubah menjadi merah kecoklatan



Gambar 5. Nilai warna a\* durasi 1 menit perendaman

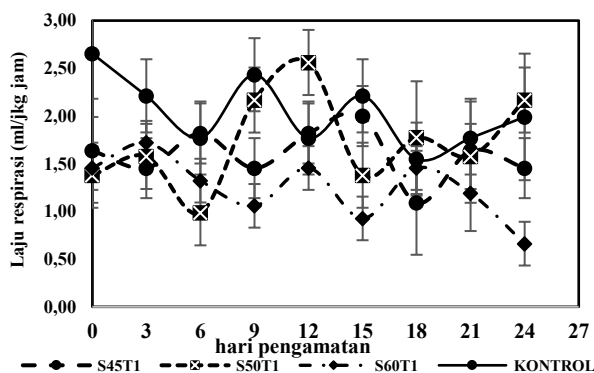


Gambar 6. Nilai warna a\* durasi 5 menit perendaman

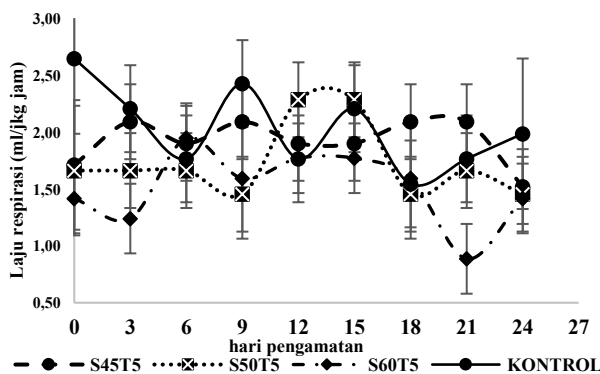
Perubahan nilai warna a\* jeruk siam selama penyimpanan suhu rendah menunjukkan kecenderungan peningkatan dari nilai negatif menuju positif, mengindikasikan transisi warna dari hijau menuju warna kusam kemerahan. Laju perubahan tercepat terlihat pada perlakuan 60°C durasi 5 menit (S60T5) dengan nilai awal -9,54, meningkat menjadi 2,42 pada hari ke-12, dan mencapai nilai 3,84 pada hari ke-24. Fenomena ini disebabkan oleh perubahan struktur protein dan stres oksidatif akibat suhu tinggi, yang memicu peningkatan produksi radikal bebas yang mempercepat degradasi klorofil dan sintesis pigmen karotenoid (Sumiasih et al., 2018). Menurut Pastastico (1993) hilangnya warna hijau disebabkan oleh pemecahan klorofil secara enzimatis melalui aktivitas klorofilase yang mengkonversi klorofil (hijau) menjadi klorofiloid (Merah/kuning).

**Laju Respirasi**

Interaksi antara kedua faktor menunjukkan pengaruh yang signifikan ( $p < 0,00361$ ), mengindikasikan bahwa efek kombinasi suhu dan durasi perendaman memberikan pengaruh terhadap aktivitas respirasi buah. Meskipun demikian, sebagai produk non-klimakterik, laju respirasi pasca perlakuan tidak menunjukkan kenaikan laju respirasi (Gambar 9). Selain itu, laju respirasi jeruk siam pada suhu penyimpanan 5°C tergolong sangat kecil, hanya berkisar 1–3 mL/kg-jam pada kedua durasi perlakuan dan tingkat suhu air hangat. Saputera et al. (2000) melaporkan bahwa laju respirasi jeruk Bali utuh (tidak dikupas) pada suhu penyimpanan 10, 15 and 27,5 °C masing-masing adalah 10,15, 19,13 dan 42,28 mL/kg-jam.



Gambar 7. Nilai Laju respirasi dengan durasi perendaman durasi 1 menit



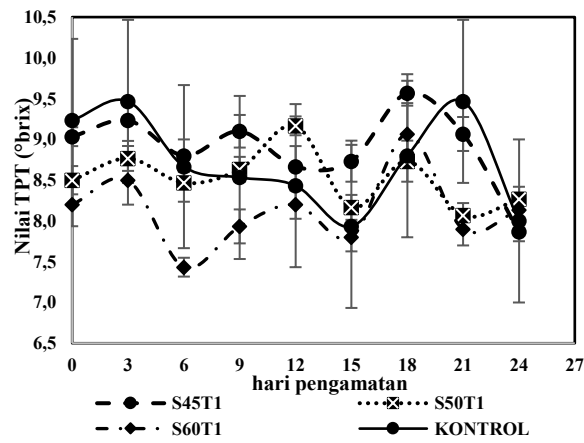
Gambar 8. Nilai Laju respirasi dengan durasi perendaman durasi 5 menit

Perlakuan perendaman air hangat pada suhu 45°C dengan durasi 1 menit menunjukkan efektivitas yang konsisten dalam menghambat aktivitas respirasi jeruk siam, berpotensi memperpanjang umur simpan. Perendaman pada suhu 45°C dan 50°C durasi 5 menit menghasilkan pola respirasi relatif stabil, mengindikasikan kapasitas adaptif buah terhadap stres termal. Fenomena ini sejalan dengan Lurie & Pedreschi (2014) yang menjelaskan bahwa paparan suhu 45°C–50°C dapat menginduksi sintesis protein heat shock yang berfungsi sebagai pelindung sel dari kerusakan lanjutan dan mencegah kerusakan membran seluler.

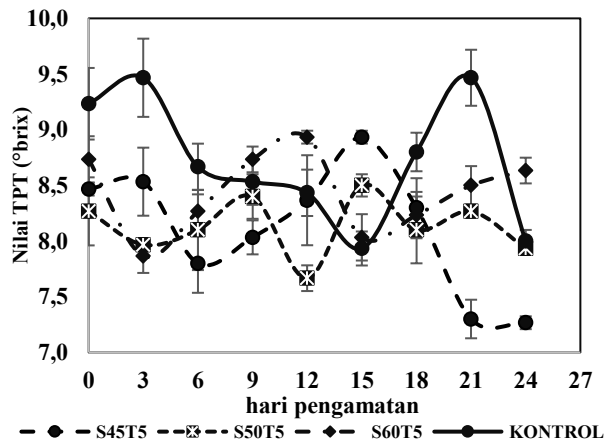
perubahan kecepatan respirasi yang terobservasi pada semua perlakuan merepresentasikan respons fisiologis buah terhadap variasi kondisi lingkungan dan dinamika metabolisme selama masa penyimpanan. Penelitian Paull et al. (2000) mengidentifikasi bahwa peningkatan respirasi dapat terjadi sebagai mekanisme respon terhadap cedera akibat perlakuan panas, yang kemudian diikuti oleh penurunan seiring dengan proses pemulihan jaringan. Perlakuan perendaman suhu 60°C dengan durasi 5 menit cenderung memicu perubahan metabolisme yang lebih drastis. penyesuaian aktivitas respirasi melalui perlakuan panas yang optimal terbukti bermanfaat dalam memperpanjang masa simpan buah jeruk melalui reduksi konsumsi oksigen dan produksi karbon dioksida.

**Total Padatan Terlarut (TPT)**

Secara umum, nilai TPT cenderung sedikit menurun seiring bertambahnya waktu penyimpanan, diduga akibat proses respirasi serta metabolisme gula yang terus berlangsung selama periode pascapanen. Izah & Odubo (2023) melaporkan bahwa kandungan jeruk manis (*Citrus sinensis*) mencapai 2.56 – 4.10 ppt (*part per thousand*) yang menunjukkan



Gambar 9. Nilai Total Padatan Terlarut durasi perendaman durasi 1 menit



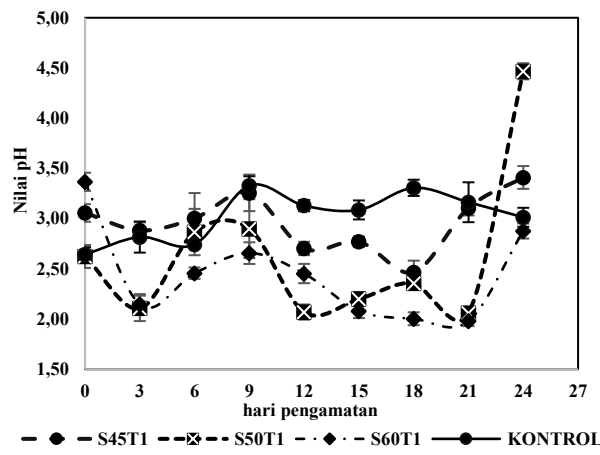
Gambar 10. Nilai Total Padatan terlarut durasi 5 menit perendaman

Perlakuan perendaman 45°C durasi 1 menit mempertahankan pola TPT yang relatif stabil dengan penurunan bertahap dari 9,03 menjadi 7,97°Brix pada hari penyimpanan ke-24. Demikian pula, perlakuan 45°C durasi 5 menit menunjukkan penurunan dari 8,53 menjadi 7,27°Brix di akhir penyimpanan, menunjukkan metabolisme yang terkendali.

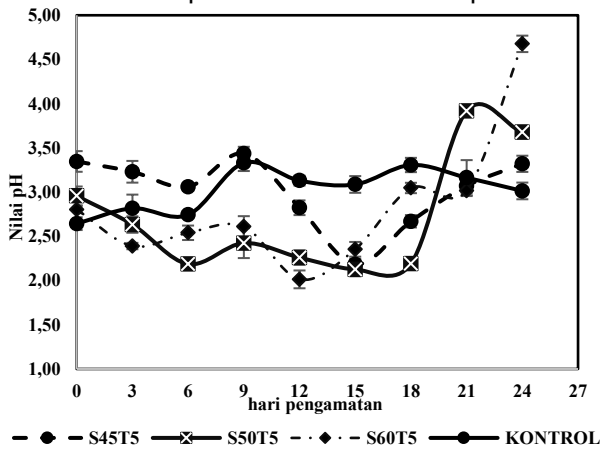
Penelitian Dwiarsih (2009) memaparkan bahwa penurunan nilai TPT disebabkan oleh konversi gula sederhana berubah menjadi alkohol, aldehid, dan asam selama penyimpanan. Namun, berbeda dengan pola umum, perlakuan 60°C durasi 5 menit justru menunjukkan peningkatan TPT dari 7,87 menjadi 8,63°Brix di akhir masa simpan. Fenomena ini mengindikasikan perubahan komposisi kimia buah akibat perlakuan termal yang ekstrim. Hasil Furqon (2017) menegaskan bahwa selama penyimpanan, TPT jeruk siam cenderung meningkat seiring proses pematangan.

**Nilai pH**

Skala pH berkisar antara 1 hingga 14 dengan nilai 7 sebagai titik netral. Nilai pH di bawah 7 mengindikasikan kondisi asam, sementara nilai pH di atas 7 menunjukkan kondisi basa (Dwiarsih, 2009).



Gambar 11. Nilai pH buah durasi 1 menit perendaman

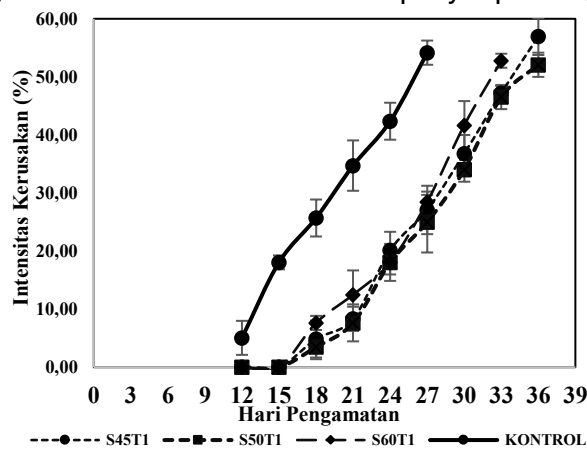


Gambar 12. Nilai pH buah durasi 5 menit perendaman

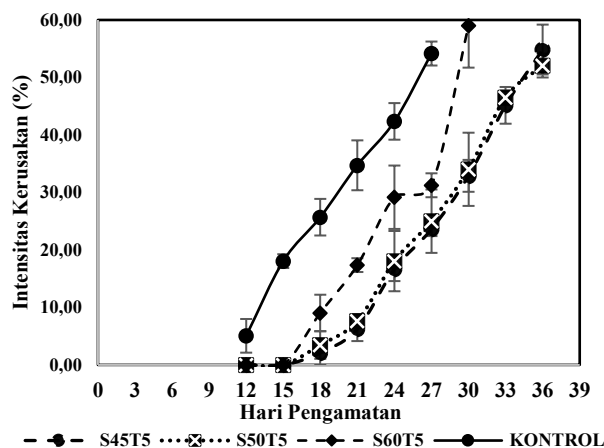
Interaksi antara suhu dan durasi perendaman menunjukkan efek kolaboratif yang signifikan. Kombinasi perlakuan suhu perendaman 60°C dan durasi 5 menit menghasilkan perubahan nilai pH paling tak terkendali, dengan penurunan tajam di awal penyimpanan dan lonjakan pH di akhir masa simpan. Fenomena ini mungkin disebabkan oleh kerusakan sel yang memicu pelepasan senyawa basa atau fermentasi. Sementara itu, kombinasi suhu 45°C dengan durasi 1 menit memberikan stabilitas nilai pH terbaik, yang sejalan dengan hasil pengamatan bahwa perlakuan ini paling efektif dalam mempertahankan kualitas buah.

**Intensitas Kerusakan**

Hasil uji ANOVA dua arah pada data intensitas kerusakan buah jeruk siam, ditemukan bahwa suhu perendaman 45°C, 50°C, dan 60°C dan durasi perendaman 1 menit dan 5 menit berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kerusakan buah selama penyimpanan ( $p < 0,00361$ ).



Gambar 13. Nilai Intensitas kerusakan durasi 1 menit perendaman



**Gambar 14.** Nilai Intensitas Kerusakan buah durasi 5 menit perendaman

Perlakuan perendaman pada suhu 60°C durasi 5 menit menginduksi kerusakan struktural signifikan yang terdeteksi pada hari penyimpanan ke-15. Kombinasi perlakuan perendaman suhu tinggi dan durasi paparan yang berlebihan menyebabkan rusaknya struktur protein karena panas berlebih dan kerusakan membran sel. Meskipun enzim *poligalakturonase* (PG) dan pektin *metilesterase* (PME) berpotensi terinaktivasi pada suhu ini, paparan panas yang justru memicu kerusakan fisik sel, seperti kebocoran cairan seluler, hilangnya turgor, serta peningkatan konsumsi nutrisi dan produksi etilen yang mempercepat pematangan (Hong et al., 2007). Akibatnya, umur simpan buah pada perlakuan suhu 60°C hanya mencapai 27 hari, lebih pendek dibandingkan perlakuan suhu 50°C yang mampu mempertahankan kualitas hingga 36 hari. Kilcast & Subramaniam (2000) menegaskan bahwa kebusukan merupakan perwujudan tahap akhir dari kemunduran fisiologis yang tidak terkontrol dengan baik, yang mempercepat penurunan kualitas pascapanen.

Perlakuan perendaman pada suhu perendaman 50°C, kedua durasi perendaman 1 menit maupun 5 menit memberikan efektivitas setara dalam rentang optimal. Hal ini disebabkan kemampuan suhu 50°C untuk menghambat aktivitas enzim perusak tekstur tanpa menyebabkan stres termal berlebihan, sehingga mempertahankan kekerasan jaringan sampai fase penyimpanan lanjut.

## KESIMPULAN

Penelitian menunjukkan bahwa perendaman jeruk siam dalam air hangat efektif menjaga kualitas dan memperpanjang masa simpan. Perlakuan perendaman pada suhu 45-60°C selama 1-5 menit terbukti mengurangi susut berat, mempertahankan tekstur, menstabilkan total padatan terlarut dan pH, menekan tingkat kerusakan buah. Perlakuan optimal adalah perendaman pada suhu 45°C dan 50°C selama 1-5 menit, yang mampu memperpanjang umur simpan jeruk hingga 36 hari lebih lama 9 hari dibandingkan kontrol tanpa perlakuan yang hanya bertahan 27 hari.

## Saran

Untuk pengembangan penelitian ini lebih lanjut, beberapa aspek penting perlu dipertimbangkan. Pertama, disarankan untuk mengeksplorasi variasi suhu dan durasi perendaman yang lebih beragam dan dapat dilakukan menggunakan kombinasi perendaman air hangat dengan teknik lain atau penyimpanan atmosfer termodifikasi untuk melihat efek kolaboratif dalam memperpanjang umur simpan.

## DAFTAR PUSTAKA

Astutik, F. F. (2015). *Karakteristik Organoleptik, Fisik dan Kimia Jeruk siam (citrus nobilis var. microcarpa) Semboro pada Suhu dan Lama Penyimpanan*. Universitas Jember.

- BPS. (2024). *Produksi Tanaman Buah-buahan, 2021-2023*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NjljMg==/produksi-tanaman-buah-buahan.html>
- Dwiarsih, B. (2009). *Pengaruh Pelilinan Buah Manggis (Garcinia Mangostana L.) Selama Masa Penyimpanan*. [www.puslitbanghortikultura.go.id](http://www.puslitbanghortikultura.go.id)
- Dwiloka, B., Rahman, F. T., & Mulyani, S. (2022). Nilai pH, Viskositas dan Hedonik Sari Buah Jeruk Manis dengan Penambahan Gelatin Tulang Ikan Bandeng. *AgriHealth: Journal of Agri-Food, Nutrition and Public Health*, 2(2), 107. <https://doi.org/10.20961/agrihealth.v2i2.59482>
- Furqon, A. (2017). *Aplikasi Precooling dan Suhu Simpan Setelah Degreening untuk Peningkatan Warna Jingga pada Buah Jeruk Siam (Citrus nobilis)*.
- García, J. F., Olmo, M., & García, J. M. (2016). Decay incidence and quality of different citrus varieties after postharvest heat treatment at laboratory and industrial scale. *Postharvest Biology and Technology*, 118, 96–102. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.03.019>
- Hong, S. I., Lee, H. H., & Kim, D. (2007). Effects of hot water treatment on the storage stability of satsuma mandarin as a postharvest decay control. *Postharvest Biology and Technology*, 43(2), 271–279. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.09.008>
- Izah, S. C., & Odubo, T. C. (2023). Study on the Correlation between Some Physical and Microbial Quality Characteristics of Peeled Sweet Orange (*Citrus sinensis*). *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 26(1), 11–23. <https://doi.org/10.9734/jabb/2023/v26i1613>
- Jacobi, K. K., Macrae, E. A., & Hetherington, S. E. (2000). Effects of hot air conditioning of “Kensington” mango fruit on the response to hot water treatment. In *Postharvest Biology and Technology* (Vol. 21). [www.elsevier.com/locate/postharvbio](http://www.elsevier.com/locate/postharvbio)
- Kilcast, David., & Subramaniam, Persis. (2000). *The stability and shelf life of food*. CRC Press ; Woodhead Pub.
- Lurie, S., & Pedreschi, R. (2014). Fundamental aspects of postharvest heat treatments. In *Horticulture Research* (Vol. 1). Nature Publishing Group. <https://doi.org/10.1038/hortres.2014.30>
- Mutirani, A., Giyanto, G., & Tondok, E. T. (2023). Perlakuan Air Panas untuk Pengendalian Penyakit Busuk Buah Salak selama Penyimpanan. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 11(2), 205–221. <https://doi.org/10.19028/jtep.011.2.205-221>
- Palou, L., Smilanick, J. L., & Droby, S. (2008). Alternatives to conventional fungicides for the control of citrus postharvest green and blue moulds. *Stewart Postharvest Review*, 4(2), 1–16. <https://doi.org/10.2212/spr.2008.2.2>
- Pastastico, E. B. (1993). *Fisiologi Pasca Panen, Penanganan dan Pemanfaatan Buah-Buahan dan Sayuran Tropika dan Subtropika*. UGM Press. <https://search.worldcat.org/title/Fisiologi-pasca-panen-penanganan-dan-pemanfaatan-buah-buahan-dan-sayur-sayuran-tropika-dan-sub-tropika/oclc/220881728>

- Paull, R., Paull, R. E., & Chen, N. J. (2000). Postharvest heat treatments and fruit ripening Heat treatment and fruit ripening. In *Postharvest Biology and Technology* (Vol. 21). [www.elsevier.com/locate/postharvbio](http://www.elsevier.com/locate/postharvbio)
- Prastya, O. A., Made, ) I, Utama, S., & Yulianti, N. L. (2015). *Pengaruh Pelapisan Emulsi Minyak Wijen dan Minyak Sereh Terhadap Mutu dan Masa Simpan Buah Tomat (Lycopersicon esculentum Mill)*.
- Saputera, Sutrisno, S., Susanto, I., & Budiastira. (2000). *Study on the Storage Characteristics of Minimally Processed of Oranges (Citrus grandis L.) Under Modified Packaging*.
- Sumiasih, I. H., Poerwanto, R., Efendi, D., Agusta, A., & Yuliani, S. (2018).  $\beta$ -Cryptoxanthin and Zeaxanthin Pigments Accumulation to Induce Orange Color on Citrus Fruits. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 299(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/299/1/012074>
- Syahfitri, Merynda. Indriyani., Pratama, Filli., & Saputra, Daniel. (2006). 403-Article Text-14987-2-10-20120731. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*.