

Pengaruh Jenis Kemasan Terhadap Mutu Wortel (*Daucus Carota L.*) Selama Penyimpanan Dingin

Cerry Sukarame¹, Lady Lengkey^{2*}, Irene Longdong³

¹⁻³⁾Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian.
Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

*E-mail korespondensi: lady_lengkey@unsrat.ac.id
E-mail penulis: cerrydini21@gmail.com¹, ireinelongdong@unsrat.ac.id³

*The Effect of Packaging Types on the Quality of Carrots (*Daucus carota L.*) During Cold Storage*

ABSTRACT

This study evaluates the effectiveness of four packaging types—vacuum, non-vacuum, plastic wrapping, and perforated packaging—in maintaining the quality of carrots (*Daucus carota L.*) during refrigerated storage until visible damage occurs. Quality was assessed through measurements of weight change, moisture content, color (L^* , a^* , b^*), and texture. The experiment applied the four packaging treatments to carrots stored at 2°C–4°C for 30 days, with periodic observations of all parameters. Results showed that vacuum packaging produced weight changes of 0.00–0.35 g over 23 days, moisture content remained between 87–86% after 30 days, color values averaged L^* 54.83, a^* 33.59, b^* 54.83, and texture decreased from 4.73 to 3.40 N. For non-vacuum packaging, weight changes were 0.00–0.20 g (17 days), moisture content shifted from 86.33% to 86.0% (30 days), color values reached L^* 56.72, a^* 30.10, b^* 56.72, and texture declined from 4.73 to 2.93 N. In perforated packaging, weight changes were 0.26–8.61 g (30 days), moisture content dropped from 87% to 86%, color values averaged L^* 55.04, a^* 27.32, b^* 55.03, and texture decreased from 4.73 to 2.93 N. Plastic wrapping resulted in weight changes of 0.00–21.74 g (15 days), moisture content of 86.50–85.0%, color changes of L^* 54.35, a^* 29.69, b^* 54.35, and texture reduction from 4.73 to 2.03 N by day 30. From the comparative analysis, plastic wrapping was identified as the most effective packaging type for preserving carrot quality during cold storage.

Keywords: Carrots; Vacuum Packaging; Non-Vacuum Packaging; Plastic Wrapping; Perforated Plastic.

ABSTRAK

Penelitian ini mengevaluasi efektivitas empat jenis kemasan vakum, non-vakum, plastik wrapping, dan perforasi dalam mempertahankan kualitas wortel (*Daucus carota L.*) selama penyimpanan dingin hingga munculnya tanda kerusakan. Kualitas dianalisis berdasarkan perubahan berat, kadar air, warna (L^* , a^* , b^*), dan tekstur. Percobaan dilakukan dengan menerapkan empat jenis perlakuan kemasan pada wortel yang disimpan pada suhu 2°C–4°C selama 30 hari, dengan pengamatan berkala terhadap seluruh parameter. Hasil menunjukkan bahwa kemasan vakum menghasilkan perubahan berat 0,00–0,35 g selama 23 hari, kadar air tetap pada 87%–86% hingga hari ke-30, nilai warna rata-rata L^* 54,83, a^* 33,59, b^* 54,83, serta

penurunan tekstur dari 4,73 menjadi 3,40 N. Pada kemasan non-vakum, perubahan berat tercatat 0,00–0,20 g (17 hari), kadar air berubah dari 86,33% menjadi 86,0% (30 hari), nilai warna L* 56,72, a* 30,10, b* 56,72, dan tekstur menurun dari 4,73 menjadi 2,93 N. Dalam kemasan perforasi, perubahan berat adalah 0,26–8,61 g (30 hari), kadar air turun dari 87% menjadi 86%, nilai warna L* 55,04, a* 27,32, b* 55,03, dan tekstur menurun dari 4,73 menjadi 2,93 N. Kemasan plastik menghasilkan perubahan berat 0,00–21,74 g (15 hari), kadar air 86,50%–85,0%, nilai warna L* 54,35, a* 29,69, b* 54,35, serta penurunan tekstur dari 4,73 menjadi 2,03 N hingga hari ke-30. Berdasarkan analisis perbandingan, plastik wrapping merupakan jenis kemasan paling efektif dalam menjaga kualitas wortel selama penyimpanan dingin.

Kata kunci: Wortel; Kemasan Vakum; Kemasan Non-Vakum; Plastik Wrapping; Perforasi Plastik

PENDAHULUAN

Wortel (*Daucus carota* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan kaya akan kandungan vitamin serta serat yang bermanfaat bagi kesehatan. Sayuran ini sering dikonsumsi dalam berbagai bentuk, baik segar maupun olahan. Namun, tantangan utama dalam distribusi dan penyimpanan wortel adalah menurunnya mutu akibat faktor fisiologis dan lingkungan. Proses respirasi, transpirasi, serta kontaminasi mikroba dapat menyebabkan perubahan warna, tekstur, dan kadar air, yang pada akhirnya berdampak pada daya simpan dan kualitas konsumsi. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengemasan yang tepat guna mempertahankan mutu wortel selama penyimpanan (Laudza, 2022). Pengemasan merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mempertahankan mutu wortel selama penyimpanan dan distribusi. Berbagai teknik pengemasan telah diterapkan, seperti kemasan vakum, kemasan non-vakum, plastik *wrapping*, dan kemasan berbasis perforasi plastik berlubang (Yoni *et al.*, 2020). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan efektivitas dari empat jenis kemasan, yaitu vakum, non-vakum, plastik *wrapping*, dan perforasi dalam mempertahankan mutu wortel (*Daucus carota* L.) secara efektif selama penyimpanan dingin, berdasarkan parameter perubahan berat, kadar air, warna, dan tekstur.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Beberapa alat yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu lemari pendingin merk Wisecube, timbangan digital merk Kera, timbangan analitik merk Kern, *studio box mini*, *colorimeter*, *fruit texture analyzer*, aplikasi *color grab*, termometer batang, dan *vacuum sealer* merk Kris.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu wortel segar yang dipanen di kebun petani yang berada di Desa Rurukan Kota Tomohon, dengan umur panen 120 hari sebanyak 2 karung atau setara dengan 40 kg, plastik kemasan vakum, plastik *wrapping*, kantong plastik non-vakum, dan plastik berlubang (perforasi).

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah *experimental* dengan mengumpulkan data kuantitatif pada 4 perlakuan jenis kemasan yang sekaligus menjadi Variabel Bebas pada

penelitian ini, yaitu Pengemasan Vakum (KV), Pengemasan Non-Vakum (KNV), Plastik Wrapping (PW), dan Perforasi Plastik Berlubang (PKB). Kemudian yang akan menjadi tolok ukur mutu pengamatannya yang sekaligus menjadi Variabel Terikat, yaitu Berat, Warna, Tekstur, dan Kadar Air. Lalu untuk Variabel Kontrol, yaitu: Suhu Penyimpanan, Waktu Penyimpanan dan Berat Awal Wortel.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan berikut:

1. Persiapan Sampel
 - a) Wortel segar dengan ukuran seragam dipilih untuk penelitian dengan suhu awal 28,0 °C.
 - b) Wortel dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan kotoran dan sisa pestisida.
 - c) Wortel dilakukan metode *pre-cooling* dengan suhu air 6°C – 10 °C selama 30 - 45 menit dengan es batu sebanyak 24,7 kg dan suhu air awal 27,9 °C.
 - d) Wortel dikeringkan menggunakan kain bersih sebelum dikemas.
2. Pengamatan Awal, wortel dilakukan pengamatan terlebih dahulu sebelum di kemas, untuk megentahui data awal dilakukan analisis *water loss*, perubahan berat, perubahan warna dan perubahan tekstur.
3. Pengemasan, wortel dikemas berdasarkan perlakuan pengemasan, yaitu: vakum, non-vakum, plastik *wrapping*, dan plastik berlubang (perforasi). Setiap kemasan berisi tiga buah wortel dengan berat total \pm 750–900 g (masing-masing wortel berbobot \pm 250–300 g). Pemilihan jumlah ini disesuaikan agar volume kemasan tidak terlalu longgar maupun terlalu padat. Ukuran dan jenis kemasan yang digunakan adalah sebagai berikut:
 - a) Kemasan vakum: plastik nylon-polyester vakum ukuran 25 × 35 cm dan berat 11,4 g, disegel menggunakan mesin vacuum sealer.
 - b) Kemasan non-vakum: plastik polietilen (PE) ukuran 25 × 35 cm dan berat berat 11,2 gram, tanpa proses pengeluaran udara.
 - c) Plastik wrapping: plastik stretch film dengan berat berat 11 gram membungkus satu per satu wortel secara rapat, kemudian disatukan dalam satu wadah plastik.
 - d) Perforasi plastik berlubang: kantong plastik PE ukuran 25 × 35 cm dengan berat 11,2 gram yang diberi 6 lubang berdiameter \pm 0,5 cm secara merata.
4. Penyimpanan
 - a) Semua sampel disimpan pada suhu 2 °C – 4 °C di lemari pendingin.
 - b) Pengamatan dilakukan secara berkala setiap 3 hari selama 30 hari penyimpanan.

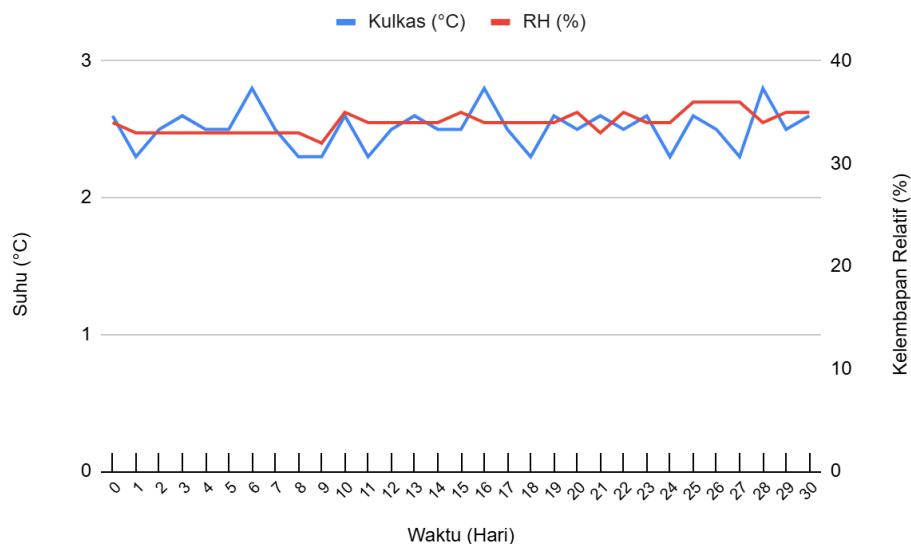
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Lingkungan Penyimpanan

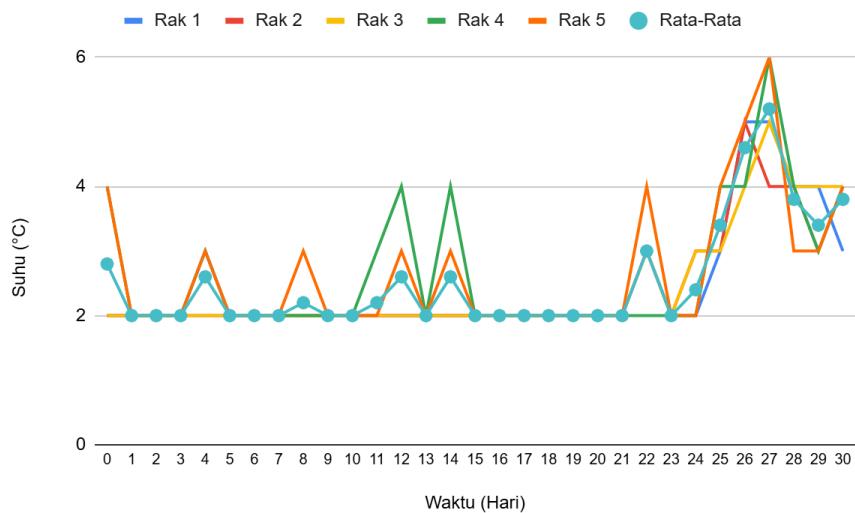
Kondisi lingkungan penyimpanan, meliputi suhu dan kelembapan relatif (RH), merupakan faktor eksternal yang sangat memengaruhi laju penurunan mutu produk. Oleh karena itu, pemantauan terhadap kedua parameter ini dilakukan setiap hari, selama 30 hari periode penelitian untuk memastikan kondisi penyimpanan sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan. Ringkasan statistik dari kondisi lingkungan selama penyimpanan disajikan pada **Tabel 1**, sementara fluktuasi harianya dapat diamati pada **Gambar 1**, kemudian untuk perubahan suhu terhadap 5 rak penyimpanan dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Tabel 1. Statistik Kondisi Suhu Lingkungan Penyimpanan Selama 30 Hari

Parameter	Rata-Rata (Mean)	Nilai Minimum	Nilai Maksimum
Suhu Kulkas (°C)	2.67	2.3	3.3
Kelembapan Relatif (%)	34.03	32	36



Gambar 1. Fluktuasi Suhu dan Kelembapan Relatif (RH) Selama Penyimpanan.



Gambar 2. Suhu Penyimpanan Kelima Rak.

Berdasarkan data yang diperoleh, suhu rata-rata di dalam lemari pendingin adalah 2.67°C dengan kelembapan relatif (RH) rata-rata sebesar 34,03%. Meskipun suhu rata-rata terjaga pada level yang rendah, terjadi fluktuasi harian di mana suhu terendah tercatat sebesar 2,3°C dan tertinggi mencapai 3,3°C. Fluktuasi ini kemungkinan besar disebabkan oleh aktivitas buka-tutup pintu lemari pendingin selama proses pengamatan harian. Meskipun demikian, kondisi

lingkungan ini secara umum telah mewakili lingkungan penyimpanan dingin yang terkontrol dan menjadi dasar bagi perubahan mutu yang terjadi pada setiap perlakuan.

Pengamatan Awal

Sebelum perlakuan pengemasan diterapkan, dilakukan pengamatan awal terhadap semua sampel wortel untuk mendapatkan data dasar (*baseline*). Pengamatan ini meliputi pengukuran berat, warna (L*, a*, b*), dan tekstur. Tujuan dari pengamatan awal ini adalah untuk memastikan bahwa sampel yang digunakan dalam penelitian memiliki mutu awal yang relatif seragam, sehingga perbandingan hasil akhir antar perlakuan menjadi valid. Data hasil pengamatan awal disajikan secara lengkap pada **Tabel 2**.

Berdasarkan Tabel tersebut, dapat dilihat bahwa nilai awal untuk setiap parameter mutu relatif seragam di antara semua ulangan. Hal ini menunjukkan bahwa proses sortasi dan pemilihan sampel telah berhasil mendapatkan wortel dengan karakteristik yang homogen. Data pada tabel ini kemudian digunakan sebagai titik acuan (Hari ke-0) untuk menghitung semua perubahan mutu yang terjadi selama 30 hari masa penyimpanan.

Tabel 2. Data Hasil Pengamatan Awal (Hari ke-0) pada Sampel Wortel

PERLAKUAN	ULANGAN	BERAT (g)	WARNA			TEKSTUR
			L*	A*	B*	
Vakum	1	223.2	65.3	21.3	54.8	4.8
	2	219	60.1	16	41.6	4.5
	3	212.2	69.7	21.9	63	4.9
Non Vakum	1	214.7	69.5	25.4	52.1	4.8
	2	215.6	76.3	14.1	52.1	4.5
	3	224.4	53.5	34.3	60.5	4.9
Wrapping	1	223.2	52.6	51.9	58.1	4.8
	2	257.4	43.9	25.9	29.4	4.5
	3	240.6	56.9	34	64.5	4.9
Perforasi	1	228.1	63.7	23.7	62.9	4.8
	2	257	63.9	23.7	47.1	4.5
	3	210.8	53.5	33.4	50.9	4.9

Perubahan Berat Wortel

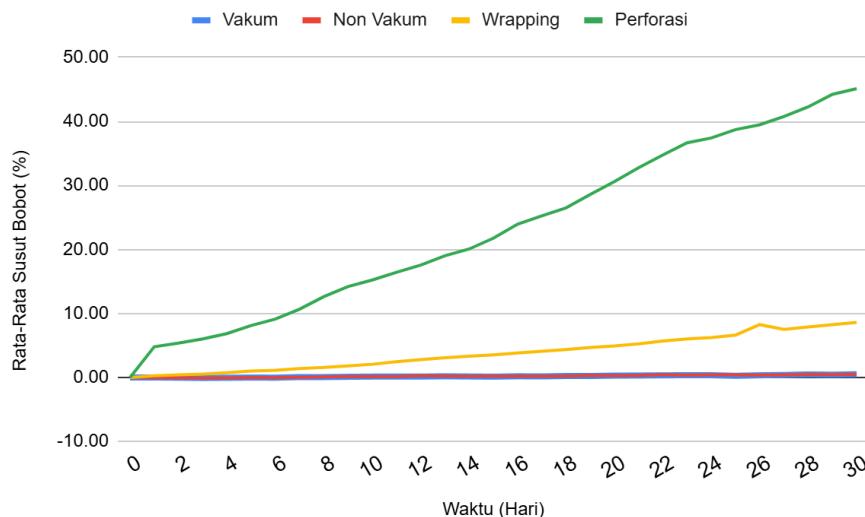
Perubahan berat atau susut bobot, adalah salah satu parameter paling mendasar dalam menentukan penurunan mutu wortel pascapanen. Penyusutan ini terjadi terutama akibat kehilangan kandungan air melalui proses transpirasi. Semakin tinggi persentase susut bobot, semakin besar pula tingkat kelayuan dan penurunan kesegaran produk. Tren perubahan berat untuk setiap perlakuan selama 30 hari penyimpanan disajikan pada **Gambar 3**. Dari grafik tersebut, terlihat jelas bahwa semua perlakuan mengalami penyusutan berat, namun dengan laju yang sangat berbeda. Perlakuan kemasan perforasi menunjukkan penurunan berat yang paling tajam dan konsisten, sementara perlakuan lainnya mampu menahan penyusutan berat pada tingkat yang jauh lebih rendah.

Perbedaan laju penyusutan berat ini secara langsung disebabkan oleh kemampuan masing-masing jenis kemasan dalam menghambat perpindahan uap air. **Tabel 4** menunjukkan perlakuan perforasi plastik mengalami penyusutan berat tertinggi hingga mencapai 42,58%. Hal ini terjadi karena lubang pada kemasan tidak memberikan hambatan bagi uap air untuk keluar ke

lingkungan kulkas yang lebih kering. Sebaliknya, kemasan vakum mengalami penyusutan berat mencapai 0,28% dan non-vakum mengalami penyusutan berat mencapai 0,51%, sehingga non-vakum menjadi yang paling efektif menahan susut bobot karena sifatnya yang kedap udara, menciptakan *barrier* fisik yang hampir sepenuhnya menghentikan transpirasi. Kemasan plastik wrapping menempati posisi di antara keduanya dengan susut bobot sebesar 9,19%, menunjukkan kemampuannya yang baik dalam mengurangi kehilangan air meskipun tidak sekedarnya kemasan vakum.

Tabel 3. Rata-Rata Perubahan Berat Wortel pada Akhir Penyimpanan

Perlakuan	Rata-Rata Perubahan Berat (%)
Vakum	0.28
Non-Vakum	0.51
Plastik Wrapping	9.19
Perforasi	42.58



Gambar 3. Grafik Rata-Rata Susut Bobot Wortel Selama 30 Hari Penyimpanan.

Temuan ini sejalan dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Mirontoneng, dkk. (2020) juga menemukan bahwa pengemasan vakum sangat efektif dalam menekan susut bobot pada wortel. Demikian pula, penelitian oleh Bawana, dkk. (2022) pada cabai merah menunjukkan bahwa kemasan plastik kedap udara lebih superior dalam mempertahankan berat produk dibandingkan kemasan dengan porositas tinggi. Besarnya tingkat penyusutan berat ini menjadi faktor utama yang akan memengaruhi parameter mutu lainnya, terutama tekstur dan kenampakan fisik wortel.

Kadar Air Akhir Wortel

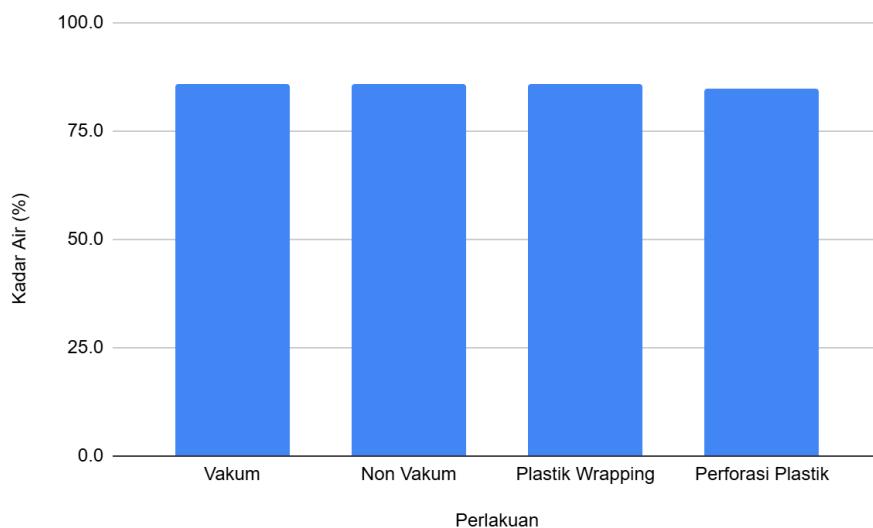
Kadar air merupakan komponen utama yang menentukan kesegaran, kerenyahan, dan turgiditas jaringan pada wortel. Pengukuran kadar air pada akhir masa penyimpanan (hari ke-30) dilakukan dengan metode oven untuk mengetahui persentase air yang tersisa di dalam jaringan setelah produk mengalami penyimpanan dengan perlakuan kemasan yang berbeda. Nilai kadar

air yang lebih tinggi pada akhir penyimpanan mengindikasikan kemampuan kemasan yang lebih baik dalam mempertahankan kelembapan internal produk.

Hasil pengukuran menunjukkan nilai kadar air akhir yang relatif seragam di antara keempat perlakuan kemasan. Seperti yang disajikan pada **Tabel 4** dan divisualisasikan pada Gambar 4, rata-rata kadar air akhir berada pada rentang yang tidak terlalu lebar, yaitu antara 85,50% hingga 86,00%. Perlakuan plastik wrapping dan vakum menunjukkan rata-rata kadar air akhir tertinggi sebesar 86,00%, sementara perlakuan perforasi sedikit lebih rendah, yaitu 85,50%

Tabel 4. Rata-Rata Penurunan Kadar Air Wortel pada Akhir Penyimpanan

Perlakuan	Rata-Rata Penurunan Kadar Air (% Poin)	Rata-Rata Kadar Air Akhir (%)
Vakum	1.00	86.00
Non Vakum	0.33	86.00
Plastik Wrapping	1.00	86.00
Perforasi Plastik	1.50	85.50



Gambar 4. Rata-Rata Kadar Air Akhir Wortel.

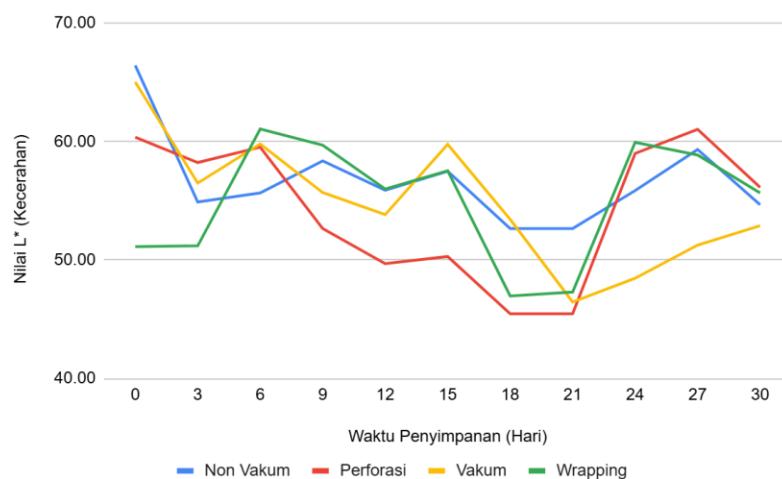
Meskipun data perubahan berat (susut bobot) sebelumnya menunjukkan perbedaan yang sangat besar dalam jumlah total massa air yang hilang, data kadar air akhir ini secara spesifik mengukur konsentrasi air yang tersisa di dalam jaringan. Hasil ini mengindikasikan bahwa, terlepas dari jumlah air yang menguap, konsentrasi kelembapan internal pada akhir penyimpanan tidak menunjukkan perbedaan yang besar antar perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa walaupun kemasan perforasi kehilangan massa air paling banyak, sisa jaringan yang tidak menguap masih memiliki konsentrasi air yang sebanding dengan perlakuan lainnya pada akhir pengujian.

Perubahan Warna Wortel

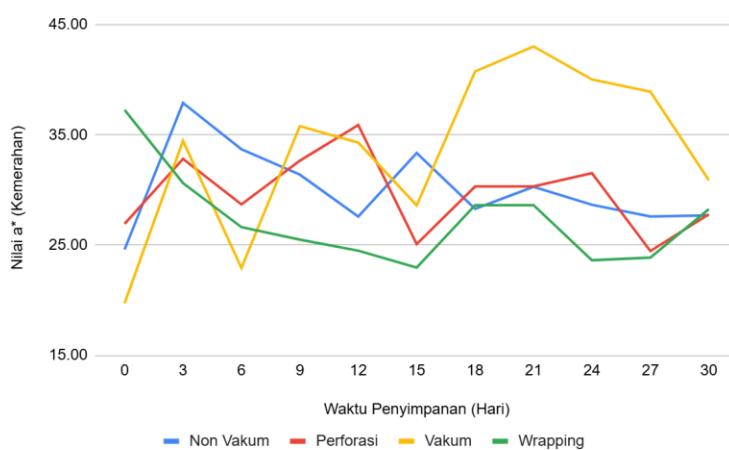
Perubahan warna menjadi lebih kusam atau gelap dapat dianggap sebagai tanda penurunan kesegaran. Dalam penelitian ini, warna diukur menggunakan tiga parameter: L* (tingkat kecerahan), a* (tingkat kemerahan), dan b* (tingkat kekuningan). Hasil perubahan

warna wortel terhadap empat perlakuan kemasan selama 30 hari penyimpanan tersaji pada **Tabel 5**, **Tabel 6**, **Tabel 7**, dan **Tabel 8** sedangkan tren perubahan ketiga parameter warna selama 30 hari penyimpanan disajikan pada **Gambar 5**, **Gambar 6**, dan **Gambar 7**. Namun peneliti memberikan catatan untuk menjelaskan Grafik terhadap ketiga gambar tersebut, bahwa kerusakan terjadi pada kemasan perforasi di hari ke-16, vakum di hari ke-24, non vakum di hari ke-20, dan *wrapping* belum ada tanda kerusakan pada hari ke-30.

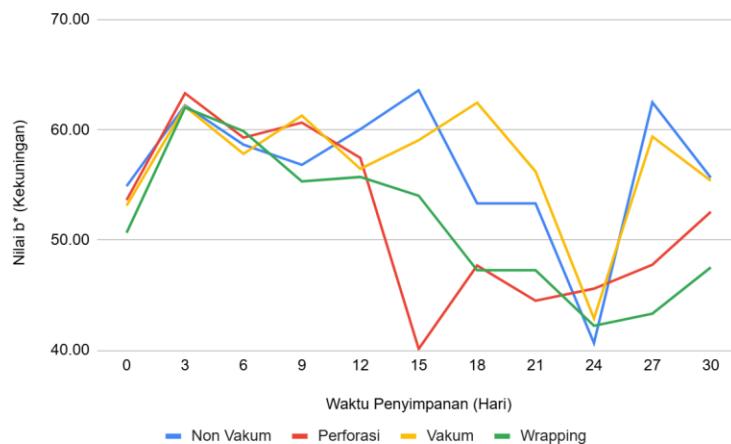
Secara umum, grafik menunjukkan adanya kecenderungan penurunan nilai kecerahan (L^*) dan kekuningan (b^*) seiring berjalannya waktu pada sebagian besar perlakuan. Hal ini mengindikasikan bahwa wortel cenderung menjadi sedikit lebih gelap dan kehilangan intensitas warna kuningnya selama penyimpanan. Meskipun terdapat tren perubahan warna selama penyimpanan, data akhir pada hari ke-30 menunjukkan hasil yang relatif seragam. Seperti yang dirangkum pada Tabel 5, nilai rata-rata akhir untuk L^* , a^* , dan b^* tidak menunjukkan perbedaan yang drastis di antara keempat perlakuan kemasan. Hal ini mengindikasikan bahwa pigmen utama pada wortel, yaitu karotenoid, memiliki stabilitas yang cukup tinggi.



Gambar 5. Grafik Perubahan Nilai Kecerahan (L^*) Selama Penyimpanan



Gambar 6. Grafik Perubahan Nilai Kemerahan (a^*) Selama Penyimpanan.



Gambar 7. Grafik Perubahan Nilai Kekuningan (b^*) Selama Penyimpanan.

Tabel 5. Nilai Warna Wortel Kemasan Vakum pada Akhir Penyimpanan

Hari Pengamatan	Rata-Rata Nilai Warna			Warna
	L*	a*	b*	
0	65.3	21.3	54.8	Orange
3	63.7	23.7	62.9	Orange
6	61.8	18.3	53.2	Orange
9	56.7	34.1	61.5	Orange
12	46	34	45.5	Brown: Orange
15	57.7	29.3	63.1	Orange
18	55.3	40.3	65.9	Orange
21	49.2	41.7	58.7	Brown: Orange
24	45.4	24	55.2	Brown: Orange
27	37.6	60.1	61.3	Orange
30	31.5	57.7	61.2	Brown: Orange

Tabel 6. Nilai Warna Wortel Kemasan Non-Vakum pada Akhir Penyimpanan

Hari Pengamatan	Rata-Rata Nilai Warna			Warna
	L*	a*	b*	
0	69.5	25.4	52.1	Orange
3	63.7	23.7	62.9	Orange
6	58.9	19.3	54.8	Orange
9	56.8	36.4	61.3	Orange
12	56.4	33.3	62.3	Orange
15	55	34.3	61.3	Orange
18	52	38.8	59.2	Orange
21	44.7	44.7	55.2	Brown: Orange
24	30.6	46.6	61.3	Orange
27	30.3	69.2	59.2	Orange
30	34.5	58.2	61.3	Orange

Tabel 7. Nilai Warna Wortel Kemasan Plastik Wrapping pada Akhir Penyimpanan

Hari Pengamatan	Rata-Rata Nilai Warna			Warna
	L*	a*	b*	
0	52.6	51.9	58.1	Orange
3	56.7	34.1	61.5	Orange
6	58.7	31.2	65.5	Orange
9	53.6	36.9	61.1	Orange
12	59.1	35.6	61.6	Orange
15	66.6	22.2	52.8	Orange
18	53	43.2	62.3	Orange
21	45.8	42.7	54.8	Brown: Orange
24	44.1	58.1	60	Orange
27	27.4	50	60.2	Orange
30	30.8	55.2	59.5	Orange

Tabel 8. Nilai Warna Wortel Kemasan Perforasi Plastik pada Akhir Penyimpanan

Hari Pengamatan	Rata-Rata Nilai Warna			Warna
	L*	a*	b*	
0	63.7	23.7	62.9	Orange
3	60.2	31	62.4	Orange
6	55.5	28.7	59.8	Orange
9	51.9	37.5	59.4	Orange
12	43.2	38.8	58	Brown: Orange
15	58.7	22.9	48.7	Brown: Orange
18	44.6	35.3	51.2	Brown: Orange
21	44.6	35.3	51.2	Brown: Orange
24	48.3	44.1	58.1	Brown: Orange
27	41.5	62	61.1	Orange
30	35.6	57	59.8	Brown: Orange

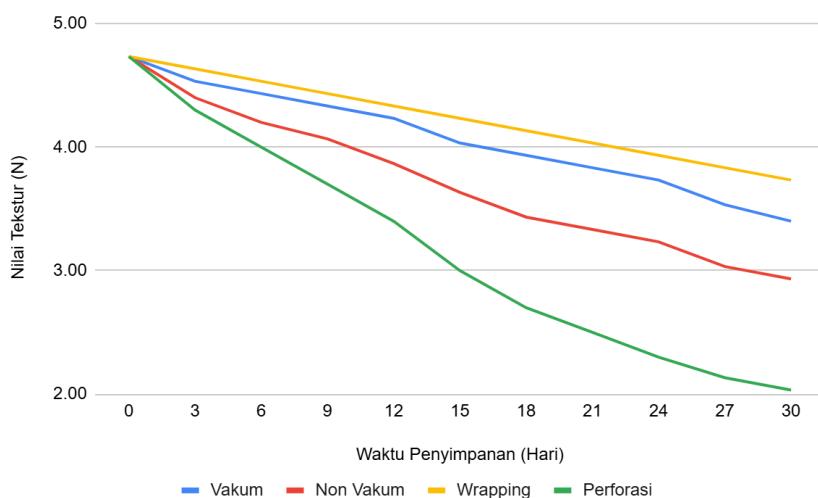
Dapat disimpulkan bahwa meskipun jenis kemasan memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap parameter fisik seperti perubahan berat dan tekstur, pengaruhnya terhadap degradasi warna tidak terlalu terlihat dalam rentang waktu penelitian ini. Kemampuan semua jenis kemasan (kecuali perforasi) dalam mengurangi paparan terhadap lingkungan luar tampaknya sudah cukup untuk menjaga stabilitas pigmen warna pada level yang sebanding. Oleh karena itu, dari segi parameter warna, tidak ada satu pun metode pengemasan yang menunjukkan keunggulan yang jelas dibandingkan yang lain.

Tidak adanya pengaruh yang signifikan ini dapat dijelaskan oleh beberapa faktor. Warna oranye pada wortel disebabkan oleh pigmen karotenoid, yang relatif lebih stabil dibandingkan pigmen lain seperti klorofil. Degradasi warna pada wortel umumnya terjadi akibat proses oksidasi, yang memerlukan paparan oksigen. Secara teori, kemasan yang berbeda menciptakan atmosfer dengan kadar oksigen yang berbeda, yang seharusnya memengaruhi laju oksidasi. Namun, dalam penelitian ini, tampaknya faktor kehilangan air (transpirasi) yang memengaruhi tekstur terjadi jauh lebih cepat dan menjadi faktor pembatas utama penurunan mutu, sebelum perbedaan degradasi warna akibat oksidasi menjadi cukup besar untuk terdeteksi secara statistik.

Selain itu, kondisi penyimpanan di dalam lemari pendingin yang gelap juga turut meminimalkan degradasi warna yang bisa dipicu oleh paparan cahaya.

Perubahan Tekstur Wortel

Tekstur, yang diukur sebagai tingkat kekerasan, merupakan atribut mutu sensorik terpenting yang menentukan kesegaran dan kerenyahan wortel. Penurunan nilai tekstur secara langsung menunjukkan terjadinya pelayuan akibat hilangnya tekanan turgor sel karena kehilangan air. Seperti yang divisualisasikan pada Gambar 8, seluruh perlakuan mengalami penurunan tingkat kekerasan selama 30 hari penyimpanan. Namun, laju penurunannya menunjukkan perbedaan yang sangat jelas, di mana perlakuan perforasi plastik mengalami penurunan tekstur paling tajam dan drastis. Namun peneliti memberikan catatan untuk menjelaskan grafik terhadap ketiga gambar tersebut, bahwa kerusakan terjadi pada kemasan perforasi di hari ke-16, vakum di hari ke-24, non vakum di hari ke-20, dan wrapping belum ada tanda kerusakan pada hari ke-30.



Gambar 8. Grafik Perubahan Rata-Rata Tekstur Wortel Selama Penyimpanan

Perbedaan kinerja antar kemasan dalam mempertahankan tekstur sangat terlihat pada data akhir penyimpanan yang dapat dilihat pada **Tabel 9**. Perlakuan plastik wrapping menjadi yang paling unggul dengan nilai tekstur akhir rata-rata tertinggi (4,23), diikuti oleh perlakuan vakum (4,07). Keduanya menunjukkan kemampuan superior dalam menjaga wortel tetap keras dan renyah. Di sisi lain, perlakuan perforasi plastik menunjukkan hasil terendah (3,16), yang mengonfirmasi bahwa kehilangan air yang masif berdampak langsung pada hilangnya kerenyahan. Hasil ini membuktikan bahwa kemampuan kemasan dalam mencegah susut bobot memiliki korelasi yang sangat kuat dengan kemampuannya dalam mempertahankan tekstur produk.

Perbedaan nilai akhir tekstur yang sangat besar antara kemasan plastik *wrapping* dan perforasi dapat dijelaskan secara langsung oleh kemampuan masing-masing kemasan dalam mengontrol kehilangan air (transpirasi). Kemasan plastik *wrapping* berfungsi sebagai barier yang sangat efektif, membungkus wortel dengan rapat dan menciptakan lingkungan mikro dengan kelembapan tinggi di sekitar produk. Hal ini secara drastis menekan laju penguapan, sehingga

sel-sel pada jaringan wortel dapat mempertahankan tekanan turgornya. Akibatnya, wortel tetap kaku, renyah, dan memiliki nilai tekstur akhir yang tinggi.

Tabel 9. Rata-Rata Nilai Tekstur Akhir Wortel (Hari ke-30)

Perlakuan	Rata-Rata Nilai Tekstur
Wrapping	4.23
Vakum	4.07
Non Vakum	3.72
Perforasi	3.16

Sebaliknya, kemasan perforasi plastik dengan lubangnya tidak memberikan hambatan yang berarti bagi uap air untuk keluar. Wortel di dalamnya terekspos dengan lingkungan lemari pendingin yang lebih kering, menyebabkan laju transpirasi yang masif dan dehidrasi berat. Kehilangan air dalam jumlah besar ini membuat sel-sel kehilangan tekanan turgor, yang secara fisik teramat sebagai wortel yang layu, lunak, dan memiliki nilai tekstur akhir yang sangat rendah.

Analisis Fenomena Fisik pada Setiap Kemasan Kemasan Vakum: Akumulasi Air Akibat Kondisi Anaerob

Meskipun sangat efektif dalam menekan susut bobot, pada hari ke-19 mulai terlihat adanya akumulasi air di bagian dasar kemasan vakum (**Gambar 9.**). Fenomena ini merupakan indikasi terjadinya respirasi anaerobik. Karena tidak ada oksigen sama sekali, jaringan wortel terpaksa melakukan metabolisme tanpa oksigen yang menghasilkan produk samping berupa air, etanol, dan senyawa lainnya. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Mirontoneng, dkk. (2020) yang menyatakan bahwa kondisi vakum total dapat memicu kerusakan fisiologis akibat respirasi anaerob. Akumulasi air ini berpotensi memicu pembusukan jika penyimpanan dilanjutkan dalam jangka waktu yang lebih lama.



Gambar 9. Kemasan Vakum Berair

Kemasan Non-Vakum: Pengembungan Akibat Akumulasi Gas

Pada perlakuan non-vakum, kemasan terlihat mengembung atau berisi "angin" (**Gambar 10.**). Fenomena ini disebabkan karena bahan yang dikemas mengalami respirasi sehingga terjadi akumulasi gas karbon dioksida (CO_2) dan penurunan gas O_2 di dalam kantong yang tertutup rapat lalu kualitas baik fisik, kimia dan lain-lain akan berubah (Haris dan Karmas, 1989). Wortel terus melakukan respirasi aerobik dengan menggunakan sisa oksigen yang terperangkap di dalam kemasan. Gas CO_2 sebagai hasil dari respirasi tersebut tidak dapat keluar, sehingga meningkatkan tekanan di dalam kantong dan menyebabkannya mengembung. Kondisi tinggi CO_2 ini juga dapat memengaruhi aroma dan rasa produk jika terlalu ekstrem.



Gambar 10. Kemasan Non Vakum Mengembung

Kemasan Perforasi: Kerusakan Dini Akibat Dehidrasi

Sesuai dengan data susut bobotnya yang sangat tinggi (42,58%), perlakuan perforasi plastik menunjukkan tanda-tanda kerusakan paling awal, yaitu sejak hari ke-15 (**Gambar 11.**). Kerusakan ini berupa pelayuan yang parah, permukaan yang mengerut, dan hilangnya kerenyahan secara total. Kehilangan air yang masif melalui lubang perforasi membuat jaringan wortel mengalami dehidrasi berat, sehingga menjadi rentan terhadap serangan mikroorganisme pembusuk. Ini membuktikan bahwa meskipun pertukaran udara terjadi, ketidakmampuan kemasan ini dalam menahan kelembapan menjadi faktor kegagalan utamanya.



Gambar 11. Wortel layu pada kemasan perforasi

Plastik Wrapping: Daya Simpan Terlama

Perlakuan plastik wrapping terbukti menjadi metode yang paling efektif dan tahan lama secara keseluruhan (**Gambar 12.**). Keberhasilan ini terletak pada kemampuannya menciptakan lingkungan Atmosfer Termodifikasi (Modified Atmosphere) yang seimbang. Plastik wrapping tidak sepenuhnya kedap seperti kemasan vakum atau non-vakum, melainkan memiliki sifat semi-permeabel. Sifat ini cukup untuk menekan laju kehilangan air secara drastis (menjaga tekstur dan berat) tetapi masih memungkinkan terjadinya pertukaran gas O₂ dan CO₂ dalam level yang sangat lambat. Keseimbangan ini mencegah terjadinya kondisi anaerob (seperti pada vakum) dan akumulasi gas berlebih (seperti pada non-vakum), menjadikan plastik wrapping sebagai solusi terbaik untuk memperpanjang masa simpan wortel dalam penelitian ini.



Gambar 12. Wortel pada kemasan wrapping di akhir penyimpanan.

KESIMPULAN

Pada kemasan vakum, rata-rata perubahan berat yaitu 0,00-0,35 g (23 hari), rata-rata perubahan kadar air yaitu 87%-86% (30 hari), rata-rata perubahan warna L* yaitu 54,83, a* yaitu 33,59 dan b* yaitu 54,83 dan tekstur 4,73-3,40 N. Pada kemasan non-vakum, rata-rata perubahan

berat yaitu 0.00-0.20 g (17 hari), rata-rata perubahan kadar air yaitu 86.33%-86.0% (30 hari), rata-rata perubahan warna L* yaitu 56.72, a* yaitu 30.10 dan b* yaitu 56.72 dan tekstur 4.73-2.93 N. Pada kemasan perforasi, rata-rata perubahan berat yaitu 0.26-8.61 g (30 hari), rata-rata perubahan kadar air yaitu 87%-86% (30 hari), rata-rata perubahan warna L* yaitu 55.04, a* yaitu 27.32 dan b* yaitu 55.03 dan tekstur 4.73-2.93 N (30 hari). Pada kemasan perforasi, rata-rata perubahan berat yaitu 0.00-21.74 g (15 hari), rata-rata perubahan kadar air yaitu 86.50%-85.0% (30 hari), rata-rata perubahan warna L* yaitu 54.35, a* 29.69 dan b* yaitu 54.35 (30 hari), serta rata-rata tekstur 4.73-2.03 N (30 hari). Berdasarkan hasil analisis perbandingan terhadap empat jenis kemasan, kemasan plastik *wrapping* terbukti paling efektif dalam mempertahankan mutu wortel selama penyimpanan dingin hingga munculnya tanda-tanda kerusakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bawana, B. S., L. C. C. E, Lengkey., dan B. R. A. Sumayku. 2022. Quality Changes Of Red Chilliia (*Capsicum annum* L.) During Cold Storage In Different Packaging. Jurnal Agroekoteknologi Terapan, 3, 2. <https://doi.org/10.35791/jat.v3i2.44331>.
- Harris, R. S., dan E. Karmas. 1989. Evaluasi Gizi pada Pengolahan Bahan Pangan, ITB Press; Bandung.
- Laudza, E. Z. 2022. Formulasi Dan Evaluasi Sediaan Sheet Mask Dari Sari Wortel (*Daucus carota* L.). Skripsi. Universitas Muhammadiyah Magelang. Magelang.
- Mirontoneng, R., I. A . Longdong., dan L. Lengkey. 2020. Kajian mutu wortel (*Daucus carota* L.) terolah minimal yang dikemas secara vakum. Jurnal cocos, 4, 4.
- Yoni, Y., K. T. Isamu., dan S. Rejeki. 2020. Analisis Mutu Kerang Darah (Anadara Granosa) Asap Yang Dikemas Vakum Dan Non Vakum Pada Penyimpanan Suhu Ruang. Jurnal Fish Protech, 3, 1. <https://doi.org/10.33772/jfp.v3i1.11611>.