

Efektivitas Perlakuan Ozon dan Suhu Penyimpanan dalam Mempertahankan Kualitas Tomat

*(The Effectiveness of Ozone Treatment and Storage Temperature in
Maintaining Tomato Quality)*

Muhammad Zuhair An Nazmi¹, Budi Hariono¹

¹Teknologi Rekayasa Pangan, Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember

*Email Koresponden: budi_hariono@polije.ac.id

Received : 12 Agustus 2024 | Accepted : 16 Agustus 2024 | Published : 30 Agustus 2024

Kata Kunci

Ozon, Penyimpanan, Suhu
dan Tomat

Copyright (c) 2024
Authors Rhofidatul
Muhammad Zuhair An
Nazmi, Budi Hariono.



This work is licensed
under a [Creative
Commons Attribution-
ShareAlike 4.0
International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penggunaan ozon dan suhu penyimpanan dalam mempertahankan kualitas warna dan tekstur tomat. Uji warna menggunakan aplikasi *Smartphone* yang diunduh dari *Play Store* bernama Identifikasi Warna (versi 46.1). Uji Tekstur menggunakan *Digital Force Gauge* (model AMF-500). Metode penelitian menggunakan RAL dua faktor, yaitu lama pengozonan dan suhu penyimpanan dengan tiga pengulangan. Perlakuan pengozonan berupa lama pengozonan yaitu 0 (tanpa pengozonan), 5, 10 dan 15 menit pengozonan. Tempat penyimpanannya ialah suhu dingin (4°-8° C) dan suhu ruang ($\pm 28^{\circ}$ C). Pengamatan dilakukan dua hari sekali, meliputi ketika penelitian dimulai (hari ke-0), 2, 4, 6, 8 dan hari ke-10. Variabel yang diamati adalah perubahan warna dan tekstur tomat. Analisa data menggunakan *Repeated Measurement ANOVA* dengan taraf signifikansi 0,05. Pengujian lanjutan dengan menggunakan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Proses analisis data menggunakan *software SPSS statistics 21.0*. Hasil penelitian uji warna (RGB) menunjukkan bahwa tomat dengan perlakuan pengozonan yang berwarna *redness* memberikan pengaruh yang nyata. Sedangkan suhu penyimpanan berpengaruh nyata terhadap tesktur.

Keywords

Ozone, Storage,
Temperature and Tomatoes.

ABSTRACT

This study aimed to determine the effectiveness of the application of ozone and storage temperature in maintaining the quality of color and texture of tomatoes. The color test used a Smartphone application downloaded from the Play Store called Color Identification (version 46.1). Texture test used Digital Force Gauge (model AMF-500). The research method used two-factor RAL, namely ozonation time and storage temperature with three repetitions. Ozonation treatment was in the form of ozonation time, which were 0 (no ozonation), 5, 10 and 15 minutes of ozonation. The storage was cold temperature (4o-8o C) and room temperature ($\pm 28^{\circ}$ C). Observations were made every two days, including when the study started (day 0), 2, 4, 6, 8 and day 10. The variables observed were changes in color and texture of tomatoes. Data analysis used Repeated Measurement ANOVA with a significance level of 0.05. Further testing using Duncan Multiple Range Test (DMRT). The data analysis process used SPSS statistics 21.0 software. The results of the color test research (RGB) showed that tomatoes with redness treatment gave a real effect. While storage temperature has a real effect on the texture.

1. PENDAHULUAN

Pangan merupakan hal pokok dan penting yang harus dipenuhi dan diperhatikan. Makhluk hidup terutama manusia, membutuhkan makanan untuk keberlangsungan hidupnya. Tanaman hortikultura termasuk sumber pangan, yang memiliki manfaat dan keunggulan tersendiri. Tanaman hortikultura salah satunya adalah tomat. Tomat adalah *family Solanaceae*. Menurut Lismeri et al. (2019) Tomat ialah tumbuhan dengan masa hidup pendek, bisa tumbuh setinggi 1 sampai 3 meter.

Tomat adalah buah yang memiliki kandungan vitamin dan mineral, seperti yang dituturkan oleh Novitasari (2019) bahwa, Tomat merupakan salah satu tanaman hortikultura yang memiliki vitamin dan mineral yang bermanfaat bagi kesehatan manusia. Kandungan pada tomat, yaitu vitamin dan senyawa, yang baik untuk kesehatan, terutama likopen. Tubuh membutuhkan likopen atau karotenoid dalam tomat dan merupakan salah satu antioksidan paling kuat untuk secara efektif mengatur radikal bebas yang membantu mencegah penyakit kardiovaskular. Likopen 100 kali lebih efektif mengendalikan radikal bebas dibandingkan vitamin E atau 12.500 kali lebih efektif dibandingkan glutathione (Hadi, 2023).

Tomat rentan dan mudah rusak, maka ada beberapa proses yang dapat mengurangi resiko mudah dan cepat rusaknya tomat, menurut Parish et al. (2003) dalam Kuswati et al. (2020), yang menyatakan bahwa untuk menekan kerusakan pada produk pertanian segar, perlakuan sanitasi dan pengawetan umumnya diikutsertakan dalam tahap penanganan pascapanen. Keberadaan mikrobia pembusuk dapat ditekan melalui proses

pencucian dengan menggunakan klorin. Sayangnya, penggunaan klorin pada produk pangan segar masih menuai pro dan kontra, terkait keberadaan senyawa residu seperti trihalomethane yang dikhawatirkan membahayakan kesehatan manusia maupun lingkungan.

Kondisi ini menyebabkan peneliti dan produsen mencari metode sanitasi alternatif yang aman dan ramah lingkungan. Teknologi ozon berpotensi digunakan sebagai sanitasi produk pertanian. Menurut De Souza et al. (2018) dalam Ambarsari et al. (2020) Teknologi ozon merupakan salah satu metode sanitasi alternatif yang cukup potensial untuk diterapkan pada komoditas pertanian. Penggunaan ozon pada komoditas pertanian dinilai aman karena akan terdekomposisi menjadi oksigen, sehingga produk yang mendapatkan perlakuan ozon bebas dari residu kimia. Ozon juga memiliki kemampuan oksidasi yang sangat kuat yang dapat menekan pertumbuhan mikrobia pada produk pangan, sehingga kesegaran dan daya simpan produk dapat bertahan lebih lama.

Pengaplikasian ozon pada produk pertanian segar bisa diaplikasikan dalam bentuk gas maupun cair. Pengaplikasian ozon dalam bentuk gas untuk produk sayur biasanya dilakukan pada ruang penyimpanan, sedangkan ozon cair biasanya dilakukan saat proses pencucian produk atau melewati bahan kemasan dan bahan lainnya yang bersentuhan langsung dengan produk (Hartoyo dan Rachma, 2023). Pada tomat, penerapan teknologi ozon untuk memperpanjang umur simpan bisa dilakukan dengan cara pencucian atau perendaman, Sari et al. (2021), bahwa ozon yang dipancarkan berbentuk gas dan dimasukkan ke dalam air rendaman buah tomat, sehingga air yang digunakan mengandung ozon.

Tomat rentan mengalami kerusakan, mulai dari pemanenan; penanganan atau perlakuan setelah panen; *trimming* dan *cleaning*; *sortasi* dan *grading*; pengemasan; penyimpanan; pengangkutan; hingga ke tangan konsumen. Ketika penyimpanan, suhu ruangan atau suhu dalam penyimpanan harus diperhatikan dan disesuaikan, karena dapat berpengaruh terhadap ketahanan kualitas tomat.

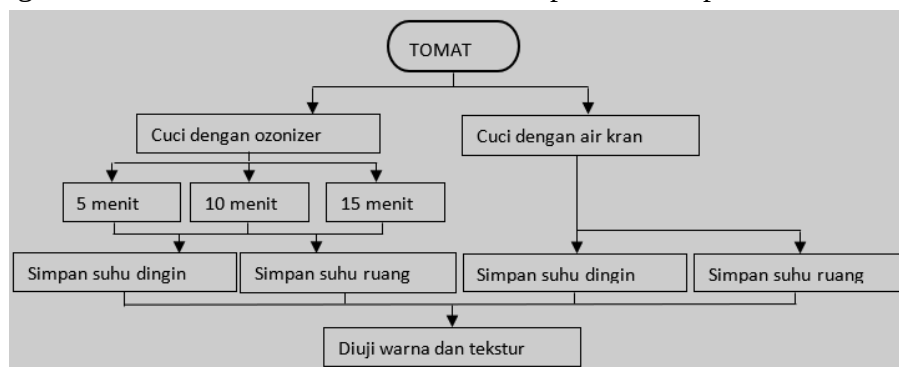
Ulfatimah dkk (2023) melakukan penelitian terkait penggunaan ozon pada kesegaran buah melon *fresh-cut*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi larutan ozon terbaik yaitu 1.6 ppm dan lama penyimpanan buah dengan tingkat kesegaran optimum selama 3 hari pada suhu 10°C. Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan penelitian untuk pengaplikasian ozon cair pada tomat. Ozon diaplikasikan pada tahap perlakuan pencucian yaitu dengan cara melarutkan ozon dalam air. Suhu penyimpanan dibagi dua perlakuan, suhu ruangan dan suhu dingin. Pengamatan dilakukan untuk mengetahui efektivitas perlakuan pencucian dengan ozon terhadap ketahanan kualitas visual tomat selama penyimpanan. Metode pengaplikasian ozon dan penyimpanan yang berbeda diduga akan memberikan dampak yang berbeda pula terhadap penerapan pada komoditas tersebut. Harapannya, dari kajian ini dapat mengurangi kontaminasi bakteri, jamur dan residu pestisida. Bukan hanya itu saja, ozonisasi juga dapat menjadi inovasi bagi tomat yang memiliki umur simpan yang pendek dan mudah rusak menjadi tomat yang memiliki umur simpan yang lebih lama dan tidak mudah rusak. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui efektivitas perlakuan sanitasi dengan ozon dan suhu penyimpanan dalam mempertahankan kualitas warna dan tekstur tomat. Manfaat penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai efektivitas perlakuan sanitasi dengan ozon dan suhu penyimpanan dalam mempertahankan kualitas warna dan tekstur tomat.

2. METODE

Penelitian dilaksanakan tanggal 3 Oktober 2023 sampai 13 Oktober 2023, di Laboratorium Rekayasa dan Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember. Alat yang digunakan untuk penelitian adalah Ozonizer (Model JQ - 518), baskom plastik, kulkas (*refrigerator*), gelas ukur, capitan, label dan tisu. Alat yang digunakan untuk pengujian adalah Aplikasi *Smartphone* yang diunduh dari *Play Store* yang bernama Identifikasi Warna (Versi 46. 1) untuk mengukur warna; *Digital Force Gauge* (Model AMF – 500) untuk mengukur tekstur. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah tomat (jenis buah) segar dan air biasa (kran).

Metode penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dua faktor, yaitu lama pengozonan dan suhu penyimpanan dengan 3 kali ulangan. Faktor lama pengozonan terdiri dari 4 taraf, yaitu dengan kontrol (0 menit), dengan air ozon selama 5 menit, 10 menit dan 15 menit. Faktor kedua, suhu penyimpanan, terdiri dari 2 taraf, yaitu penyimpanan suhu dingin pada *refrigerator* bersuhu 4° sampai 8° C dan penyimpanan suhu ruangan bersuhu $\pm 28^\circ$ C. Berikut diagram alir pelaksanaan penelitian.

Pengamatan dilakukan dua hari sekali, meliputi ketika penelitian dimulai, maka



Gambar 2.1 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

pengamatan juga dimulai, yaitu hari ke-0, 2, 4, 6, 8 dan hari ke-10. Variabel yang diamati adalah perubahan warna dan tekstur. Jumlah tomat yang dipakai lebih banyak pada hari ke-0, dengan total 48 buah tomat, karena buah yang dipakai untuk uji variabel warna tidak diganti sampai hari akhir penelitian dan yang diganti ialah buah tomat untuk uji variabel tekstur saja. Jadi hari ke-2, 4, 6, 8 dan 10 untuk per hari-nya adalah 24 tomat, karena menyesuaikan uji variabel tesktur, maka total tomat yang digunakan adalah 168 buah.

Pelaksanaan penelitian merujuk pada penelitian (Fitriana dan Sari, 2021) dengan modifikasi dimana kegiatan penelitian terbagi pada 2 aktivitas kegiatan yaitu pertama tahap persiapan dan pengamatan; dan tahap kedua adalah tahap pengamatan. Tahap pertama merupakan tahap hari ke-0, meliputi persiapan penelitian, pengujian dan pengamatan yang khusus diamati pada hari ke-0, sedangkan tahap kedua merupakan tahap hari ke-2, 4, 6, 8 dan

10 yang hanya pengujian dan pengamatan. Tahap pertama siapkan alat ozonizer, baskom plastik, label, capitan dan tomat segar. Label digunakan untuk menandai tomat dengan menuliskan kode-kode. Berikut penjelasan penulisan kode:

Tabel 2.1 Penulisan Kode pada Tomat

	Hari	Pengozonan	Variabel	Penyimpanan	Ulangan	Kode
					1	ABCD ₁
Kode	A	B	C	D	2	ABCD ₂
					3	ABCD ₃

Keterangan:

- Hari: Selasa, hari ke-0 (A1); Kamis, hari ke-2 (A2); Sabtu, hari ke-4 (A3); Senin, hari ke-6 (A4); Rabu, hari ke-8 (A5); dan Jum'at, hari ke-10 (A6)
- Perlakuan pengozonan: Kontrol (B1), 5 menit (B2), 10 menit (B3) dan 15 menit (B4)
- Variabel penelitian: Warna (C1) dan tekstur (C2)
- Perlakuan penyimpanan: Suhu dingin (D1) dan suhu ruang (D2)

Contoh:

Hari : Selasa → A1
 Perlakuan pengozonan : Kontrol → B1
 Variabel penelitian : Warna → C1
 Perlakuan penyimpanan : Dingin → D1
 Ulangan : 1 → ...₁

Jadi, penulisan kodenya adalah A1B1C1D1₁

Tomat dikelompokkan berdasarkan perlakuan (pengozonan atau tidak, lama pengozonan dan penyimpanan) dan variabel (warna dan tekstur) dengan menempatkan pada baskom yang berbeda sesuai dengan perlakuan dan variabelnya. Cuci semua tomat dengan air biasa atau kran, lalu keringkan tomat dengan tisu. Tempelkan label yang berisi kode-kode pada tomat. Selanjutnya masuk ke tahap perlakuan pengozonan, pisahkan tomat untuk perlakuan kontrol pengozonan (tanpa diozonkan, hanya dicuci air kran yang tadi sudah dicuci bersama) sebanyak 42 tomat. Siapkan alat ozonizer, isi dengan air biasa atau kran ± sebanyak 4.000 ml atau 4 liter. Masukkan semua tomat yang berkode B2 (pengozonan 5 menit) ke dalam alat ozonizer, lalu bergantian tomat pengozonan 10 dan 15 menit. Ozonizer akan otomatis berhenti setelah 5 menit (sesuai kebutuhan). Ambil tomat di dalam ozonizer yang terendam air berozon menggunakan capitan supaya tidak terkontaminasi oleh tangan. Keringkan dengan tisu, lalu tempatkan juga pada baskomnya menggunakan capitan. Lakukan hal yang sama terhadap tomat yang berkode B3 (pengozonan 10 menit) dan B4 (pengozonan 15 menit). Jumlah tomat setiap perlakuan pengozonan adalah 42 tomat dengan per baskomnya 21 tomat. Pembagian menjadi 2 bagian adalah untuk mengurangi tomat bonyok karena bertumpuk.

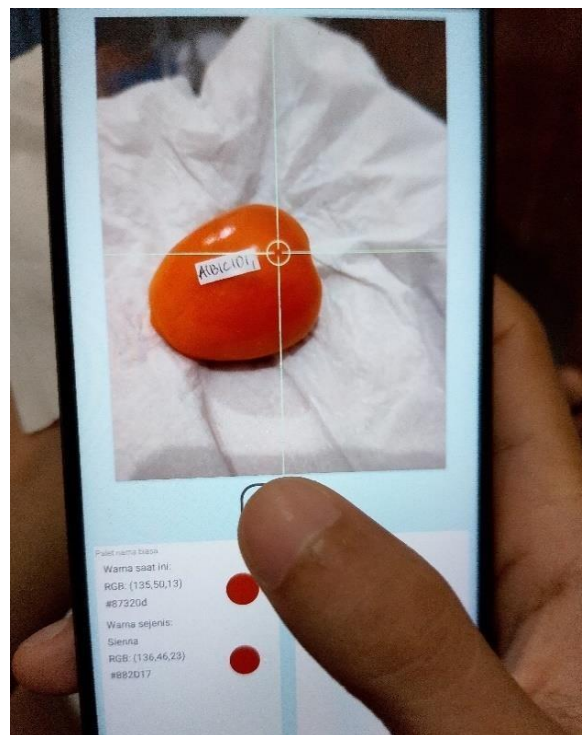
Langkah selanjutnya adalah uji warna (Hermana dkk, 2018). Uji warna menggunakan Aplikasi *Smartphone* yang diunduh dari *Play Store* yang bernama Identifikasi Warna (Versi 46.1). Berikut gambar 2.2 ikon aplikasi Identifikasi Warna (Versi 46. 1).



Gambar 2.2 Ikon Aplikasi Identifikasi Warna (Versi 46. 1)

Cara pengoperasiannya, pertama, buka aplikasinya. Pilih “Identifikasi langsung” setelah aplikasi terbuka. Selanjutnya, tampilan layar akan menampilkan bidik target dan kamera menyala otomatis; tombol identifikasi; palet nama biasa meliputi warna saat ini dan warna sejenis; palet RAL dan lain-lainnya.

Siapkan tomat hari ke-0 dengan kode A1 dan kode tomat uji warna adalah C1, lalu kode B1, karena B1 kode tomat kontrol dan tomat kontrol yang akan di uji terlebih dahulu. Jadi, ambil tomat dengan kode A1B1C1 dulu. Ambil tomat dengan tisu dan arahkan bidik target kamera ke samping kanan label kode pada tomat, lalu tekan tombol identifikasi. Tujuan menentukan tempat arah bidik target kamera adalah sebagai tanda ketika melakukan pengamatan lagi (hari ke 2, 4, 6, 8 dan 10) supaya tidak berpindah- pindah tempat, yang mana dapat mengamati berubah atau tidak warna tomat pada tempat yang sama dan seberapa banyak perubahan warna pada tomat. Palet nama biasa meliputi warna saat ini dan warna sejenis; dan palet RAL akan otomatis terisi angka nilai RGB tomat tersebut setelah tombol identifikasi ditekan. Hanya catat nilai RGB pada bagian warna saat ini yang ada di dalam kurung. Lakukan dan ulangi langkah yang sama terhadap tomat lainnya dan pada hari penelitian berikutnya sampai selesai hari ke-10. Gambar 2.3 merupakan contoh untuk memperjelas penggunaan aplikasi.



Gambar 2.3 Contoh untuk Memperjelas Penggunaan Aplikasi

Langkah berikutnya adalah pengujian tekstur. Uji tekstur menggunakan alat *Digital Force Gauge* (Model AMF – 500). Ambil tomat hari ke-0 dengan kode A1, tomat uji tekstur dengan kode C2 dan tomat kontrol dengan kode B1. Jadi, ambil tomat dengan kode A1B1C2 dulu. Ambil alatnya, atur alatnya untuk uji tekstur buah tomat, tekan tombol *power*, lalu tekan tombol *peak*. Ambil tomat dengan tisu, kemudian tusukkan jarum alat *Digital Force Gauge* ke tomat sesuai kodenya. Pencet tombol *zero* ketika akan menusuk tomat lainnya. Bersihkan jarum dan ujung alat *Digital Force Gauge* setelah selesai penggunaan. Lakukan dan ulangi langkah yang sama terhadap tomat lainnya dan pada hari penelitian berikutnya sampai selesai hari ke-10.

Langkah selanjutnya setelah uji tekstur adalah tomat dibagi 2 perlakuan lagi, yaitu suhu dingin (4- 8° C) dan suhu ruang ($\pm$ 28° C). Pisahkan sesuai kode tomat, jika kode D1 artinya tempatkan tomat pada baskom yang akan disimpan pada penyimpanan suhu dingin (4- 8° C), jika kode D2 artinya tempatkan tomat pada baskom yang akan disimpan pada penyimpanan suhu ruangan ($\pm$ 28° C). Uji warna dari hari ke-0 hingga hari ke-10 tetap memakai tomat yang sama, karena untuk melihat seberapa jauh perubahan warna tomat tersebut, sedangkan tomat uji tekstur setiap pengamatan berganti tomat, karena ditusuk untuk uji tekstur.

Analisa data dilakukan dengan menggunakan *Repeated Measurement ANOVA* dengan taraf signifikansi 0,05. Pengujian lanjut dengan menggunakan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Proses analisis data menggunakan *software SPSS statistics 21*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perubahan Warna

3.1.1 Warna Redness

a. Test of Within-Subject Effect

Tests of Within-Subjects Effects						
Measure: Warna						
Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Waktu_Penyimpanan	Sphericity Assumed	15408.389	5	3081.678	11.546	.000
	Greenhouse-Geisser	15408.389	2.942	5237.171	11.546	.000
	Huynh-Feldt	15408.389	5.000	3081.678	11.546	.000
	Lower-bound	15408.389	1.000	15408.389	11.546	.004
Waktu_Penyimpanan * SUHU	Sphericity Assumed	3235.833	5	647.167	2.425	.042
	Greenhouse-Geisser	3235.833	2.942	1099.830	2.425	.078
	Huynh-Feldt	3235.833	5.000	647.167	2.425	.042
	Lower-bound	3235.833	1.000	3235.833	2.425	.139
Waktu_Penyimpanan * OZON	Sphericity Assumed	10768.667	15	717.911	2.690	.002
	Greenhouse-Geisser	10768.667	8.826	1220.057	2.690	.014
	Huynh-Feldt	10768.667	15.000	717.911	2.690	.002
	Lower-bound	10768.667	3.000	3589.556	2.690	.081
Waktu_Penyimpanan * SUHU * OZON	Sphericity Assumed	5068.111	15	337.874	1.266	.243
	Greenhouse-Geisser	5068.111	8.826	574.202	1.266	.281
	Huynh-Feldt	5068.111	15.000	337.874	1.266	.243
	Lower-bound	5068.111	3.000	1689.370	1.266	.320
Error(Waktu_Penyimpanan)	Sphericity Assumed	21352.333	80	266.904		
	Greenhouse-Geisser	21352.333	47.074	453.591		
	Huynh-Feldt	21352.333	80.000	266.904		
	Lower-bound	21352.333	16.000	1334.521		

Gambar 3.1 Hasil Uji *Repeated Measurement ANOVA- Test of Within-Subject Effect* RGB Warna Redness

Hasil Uji *Repeated Measurement ANOVA- Test of Within-Subject Effect* RGB Warna *Redness* menurut Huynh-Feldt, yaitu waktu penyimpanan berpengaruh nyata terhadap warna *redness*; interaksi antara waktu penyimpanan dan suhu berpengaruh nyata terhadap warna *redness*; interaksi antara waktu penyimpanan dan ozon berpengaruh nyata terhadap warna *redness*; dan waktu penyimpanan berinteraksi dengan suhu dan ozon tidak berpengaruh nyata terhadap warna *redness*. Hal ini sejalan dengan penelitian Kuswati dkk (2020) bahwa proses penyimpanan pada suhu rendah berpengaruh terhadap perubahan warna buah duku. Hal ini dapat dipengaruhi oleh reaksi enzimatis. Paparan ozon tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada warna buah.

b. *Test of Between-Subject Effects*

Tests of Between-Subjects Effects					
Measure: Warna					
Transformed Variable: Average					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	3151808.444	1	3151808.444	9108.725	.000
SUHU	841.000	1	841.000	2.430	.139
OZON	4213.167	3	1404.389	4.059	.025
SUHU * OZON	1415.722	3	471.907	1.364	.290
Error	5536.333	16	346.021		

Gambar 3.2 Hasil Uji *Repeated Measurement ANOVA- Test of Between-Subject Effects* RGB Warna *Redness*

Hasil Uji *Repeated Measurement ANOVA- Test of Between-Subject Effects* RGB warna *Redness*, yaitu suhu tidak berpengaruh nyata terhadap warna *redness*; ozon berpengaruh nyata terhadap warna *redness*; dan interaksi antara suhu dan ozon tidak berpengaruh nyata terhadap warna *redness*.

c. *Duncan*

Warna			
Duncan ^{a,b,c}			
OZON	N	Subset	
		1	2
0 menit	6	142.4167	
5 menit	6	143.9444	
10 menit	6	149.1667	149.1667
15 menit	6		156.2500
Sig.		.163	.126

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 57.670.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
c. Alpha = .05.

Gambar 3.3 Hasil Uji *Repeated Measurement ANOVA- Duncan* RGB Warna *Redness*

Hasil Uji *Repeated Measurement ANOVA- Duncan* RGB Warna *Redness*, yaitu sampel tomat yang diozon 0 menit atau tanpa pengozonan dengan sampel tomat diozon 5 menit tidak berbeda nyata terhadap warna *redness* dengan notasinya adalah A; sampel tomat yang diozon 10 menit dengan sampel tomat tanpa pengozonan dan 5 menit berbeda nyata terhadap warna *redness* dengan notasinya adalah AB; dan sampel tomat yang diozon 15 menit dengan sampel tomat tanpa pengozonan, diozon 5 menit dan 10 menit berbeda nyata terhadap warna *redness* dengan notasinya adalah B.

3.1.2 Warna Greeness

a. Test of Within-Subject Effect

Tests of Within-Subjects Effects						
Measure: Warna						
Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Waktu_Penyimpanan	Sphericity Assumed	119854.868	5	23970.974	51.737	.000
	Greenhouse-Geisser	119854.868	2.603	46037.142	51.737	.000
	Huynh-Feldt	119854.868	4.515	26547.224	51.737	.000
	Lower-bound	119854.868	1.000	119854.868	51.737	.000
Waktu_Penyimpanan * SUHU	Sphericity Assumed	5310.646	5	1062.129	2.292	.053
	Greenhouse-Geisser	5310.646	2.603	2039.858	2.292	.100
	Huynh-Feldt	5310.646	4.515	1176.280	2.292	.060
	Lower-bound	5310.646	1.000	5310.646	2.292	.150
Waktu_Penyimpanan * OZON	Sphericity Assumed	20256.382	15	1350.425	2.915	.001
	Greenhouse-Geisser	20256.382	7.810	2593.542	2.915	.012
	Huynh-Feldt	20256.382	13.544	1495.561	2.915	.002
	Lower-bound	20256.382	3.000	6752.127	2.915	.066
Waktu_Penyimpanan * SUHU * OZON	Sphericity Assumed	5357.382	15	357.159	.771	.705
	Greenhouse-Geisser	5357.382	7.810	685.937	.771	.627
	Huynh-Feldt	5357.382	13.544	395.544	.771	.692
	Lower-bound	5357.382	3.000	1785.794	.771	.527
Error(Waktu_Penyimpanan)	Sphericity Assumed	37065.556	80	463.319		
	Greenhouse-Geisser	37065.556	41.655	889.822		
	Huynh-Feldt	37065.556	72.236	513.114		
	Lower-bound	37065.556	16.000	2316.597		

Gambar 3.4 Hasil Uji *Repeated Measurement ANOVA- Test of Within-Subject Effect* RGB Warna Greeness

Hasil Uji *Repeated Measurement ANOVA- Test of Within-Subject Effect* RGB Warna Greeness menurut Huynh-Feldt, yaitu waktu penyimpanan berpengaruh nyata terhadap warna *greeness*; interaksi antara waktu penyimpanan dan suhu tidak berpengaruh nyata terhadap warna *greeness*; interaksi antara waktu penyimpanan dan ozon berpengaruh nyata terhadap warna *greeness*; dan waktu penyimpanan berinteraksi dengan suhu dan ozon tidak berpengaruh nyata terhadap warna *greeness*.

b. Test of Between-Subject Effects

Tests of Between-Subjects Effects					
Measure: Warna					
Transformed Variable: Average					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	524055.340	1	524055.340	448.683	.000
SUHU	1008.063	1	1008.063	.863	.367
OZON	3697.576	3	1232.525	1.055	.395
SUHU * OZON	1331.410	3	443.803	.380	.769
Error	18687.778	16	1167.986		

Gambar 3.5 Hasil Uji *Repeated Measurement ANOVA- Test of Between-Subject Effects* RGB Warna Greeness

Hasil Uji *Repeated Measurement ANOVA- Test of Between-Subject Effects* RGB Warna Greeness, yaitu suhu tidak berpengaruh nyata terhadap warna *greeness*; ozon tidak berpengaruh nyata terhadap warna *greeness*; dan interaksi antara suhu dan ozon tidak berpengaruh nyata terhadap warna *greeness*.

3.13 Warna *Blueness*

a. *Test of Within-Subject Effect*

Tests of Within-Subjects Effects						
Measure: Warna						
Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Waktu_Penyimpanan	Sphericity Assumed	13282.806	5	2656.561	6.183	.000
	Greenhouse-Geisser	13282.806	2.902	4577.021	6.183	.001
	Huynh-Feldt	13282.806	5.000	2656.561	6.183	.000
	Lower-bound	13282.806	1.000	13282.806	6.183	.024
Waktu_Penyimpanan * SUHU	Sphericity Assumed	7649.639	5	1529.928	3.561	.006
	Greenhouse-Geisser	7649.639	2.902	2635.931	3.561	.022
	Huynh-Feldt	7649.639	5.000	1529.928	3.561	.006
	Lower-bound	7649.639	1.000	7649.639	3.561	.077
Waktu_Penyimpanan * OZON	Sphericity Assumed	10781.028	15	718.735	1.673	.074
	Greenhouse-Geisser	10781.028	8.706	1238.317	1.673	.125
	Huynh-Feldt	10781.028	15.000	718.735	1.673	.074
	Lower-bound	10781.028	3.000	3593.676	1.673	.213
Waktu_Penyimpanan * SUHU * OZON	Sphericity Assumed	6156.528	15	410.435	.955	.509
	Greenhouse-Geisser	6156.528	8.706	707.144	.955	.486
	Huynh-Feldt	6156.528	15.000	410.435	.955	.509
	Lower-bound	6156.528	3.000	2052.176	.955	.438
Error(Waktu_Penyimpanan)	Sphericity Assumed	34370.667	80	429.633		
	Greenhouse-Geisser	34370.667	46.433	740.220		
	Huynh-Feldt	34370.667	80.000	429.633		
	Lower-bound	34370.667	16.000	2148.167		

Gambar 3.6 Hasil Uji *Repeated Measurement ANOVA- Test of Within-Subject Effect* RGB Warna *Blueness*

Hasil Uji *Repeated Measurement ANOVA- Test of Within-Subject Effect* RGB Warna *Blueness* menurut Huynh-Feldt, yaitu waktu penyimpanan berpengaruh nyata terhadap warna *blueness*; interaksi antara waktu penyimpanan dan suhu berpengaruh nyata terhadap warna *blueness*; interaksi antara waktu penyimpanan dan ozon tidak berpengaruh nyata terhadap warna *blueness*; dan waktu penyimpanan berinteraksi dengan suhu dan ozon tidak berpengaruh nyata terhadap warna *blueness*.

b. *Test of Between-Subject Effects*

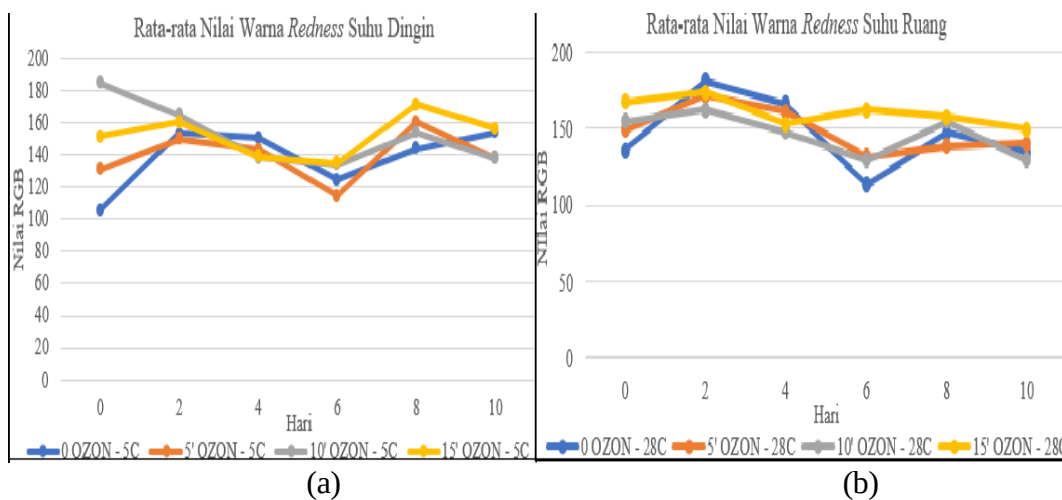
Tests of Between-Subjects Effects					
Measure: Warna					
Transformed Variable: Average					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	119140.028	1	119140.028	200.488	.000
SUHU	1308.028	1	1308.028	2.201	.157
OZON	708.472	3	236.157	.397	.757
SUHU * OZON	1530.806	3	510.269	.859	.482
Error	9508.000	16	594.250		

Gambar 3.7 Hasil Uji *Repeated Measurement ANOVA- Test of Between-Subject Effects* RGB Warna *Blueness*

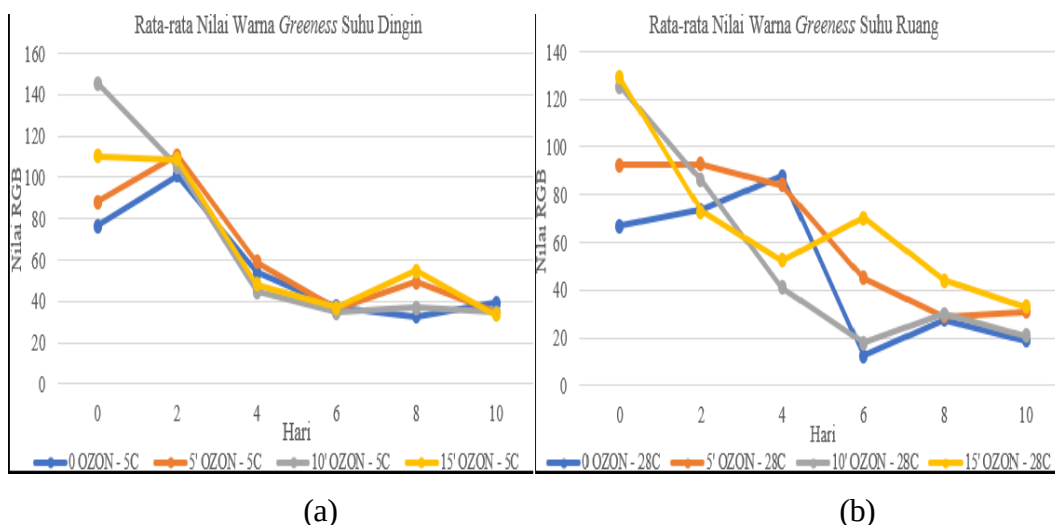
Hasil Uji *Repeated Measurement ANOVA- Test of Between-Subject Effects* RGB Warna *Blueness*, yaitu suhu tidak berpengaruh nyata terhadap warna *blueness*; ozon tidak berpengaruh nyata terhadap warna *blueness*; dan interaksi antara suhu dan ozon tidak berpengaruh nyata terhadap warna *blueness*.

Hasil keseluruhan uji warna (*redness*, *greenness* dan *blueness*) hanya 1 yang signifikan, yaitu tomat dengan perlakuan pengozonan yang berwarna *redness*. Dapat dilihat pada gambar 3.8. Secara umum nilai RGB warna tomat cenderung menurun seiring dengan lamanya penyimpanan. Dapat dilihat pada gambar 3.8, 3.9 dan 3.10. Ambil contoh tomat warna *redness*, pada hari ke-0 (pertama) nilai RGB warna *redness* memiliki rata-

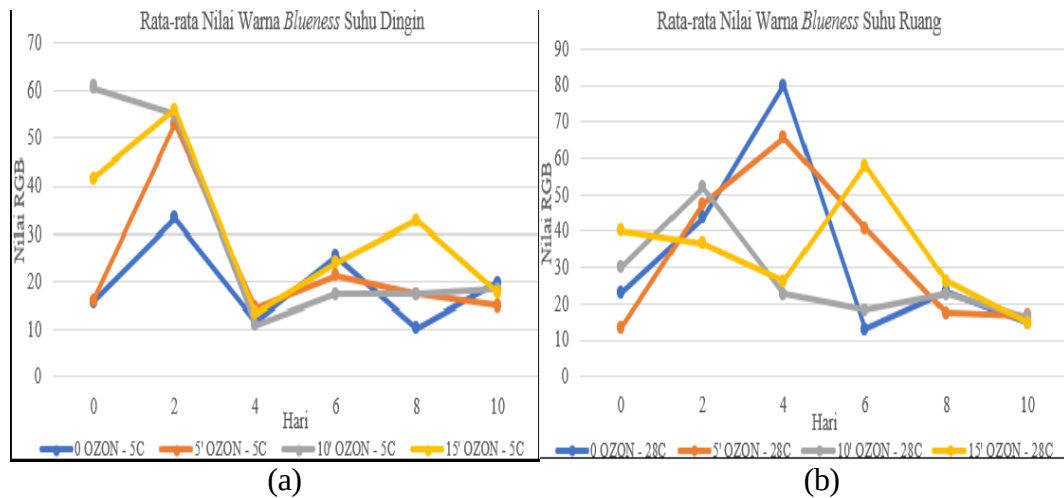
rata 147,292, lalu pada hari ke-10 (hari terakhir) memiliki rata-rata nilai RGB warna *redness* yang lebih rendah, yaitu 142,458. Berdasarkan penelitian Sulistyana & Handayani, (2021) selama proses penyimpanan, buah akan mengalami perubahan warna yang disebabkan oleh *deegreening*, luka fisik buah, adanya kotoran atau tumbuhnya mikroba. Perubahan warna tersebut akan mengurangi nilai RGB warna tomat. Hal lain yaitu, nilai rata-rata RGB warna *redness* tomat yang disimpan pada suhu dingin lebih rendah dengan nilai 145,528, dibanding tomat yang disimpan pada suhu ruangan memiliki nilai rata-rata RGB warna *redness* sebesar 150,361. Pada penyimpanan suhu ruang terjadi respirasi yang cukup tinggi yang menyebabkan perubahan warna lebih cepat. Suhu yang lebih tinggi mempercepat perubahan warna, yang berarti nilai RGB lebih tinggi pada suhu ruang dibandingkan suhu dingin (Ganje dkk., 2018).



Gambar 3.8 Perubahan Nilai RGB Warna *Redness* (a) Suhu Dingin (b) Suhu Ruangan



Gambar 3.9 Perubahan Nilai RGB Warna *Greeness* (a) Suhu Dingin (b) Suhu Ruangan



Gambar 3.10 Perubahan Nilai RGB Warna Greenness (a) Suhu Dingin (b) Suhu Ruangan

3.2 Perubahan Tekstur

a. Test of Within-Subject Effect

Tests of Within-Subjects Effects						
Measure: Tekstur						
Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Waktu_Penyimpanan	Sphericity Assumed	1447.992	5	289.598	2.982	.016
	Greenhouse-Geisser	1447.992	1.049	1379.892	2.982	.101
	Huynh-Feldt	1447.992	1.551	933.748	2.982	.080
	Lower-bound	1447.992	1.000	1447.992	2.982	.103
Waktu_Penyimpanan * SUHU	Sphericity Assumed	798.980	5	159.796	1.645	.158
	Greenhouse-Geisser	798.980	1.049	761.403	1.645	.218
	Huynh-Feldt	798.980	1.551	515.228	1.645	.215
	Lower-bound	798.980	1.000	798.980	1.645	.218
Waktu_Penyimpanan * OZON	Sphericity Assumed	1422.061	15	94.804	.976	.488
	Greenhouse-Geisser	1422.061	3.148	451.727	.976	.431
	Huynh-Feldt	1422.061	4.652	305.675	.976	.448
	Lower-bound	1422.061	3.000	474.020	.976	.429
Waktu_Penyimpanan * SUHU * OZON	Sphericity Assumed	1543.067	15	102.871	1.059	.407
	Greenhouse-Geisser	1543.067	3.148	490.165	1.059	.395
	Huynh-Feldt	1543.067	4.652	331.686	1.059	.404
	Lower-bound	1543.067	3.000	514.356	1.059	.394
Error (Waktu_Penyimpanan)	Sphericity Assumed	7770.513	80	97.131		
	Greenhouse-Geisser	7770.513	16.790	462.816		
	Huynh-Feldt	7770.513	24.812	313.179		
	Lower-bound	7770.513	16.000	485.657		

Gambar 3.11 Hasil Uji *Repeated Measurement ANOVA- Test of Within-Subject Effect* RGB Tekstur Tomat

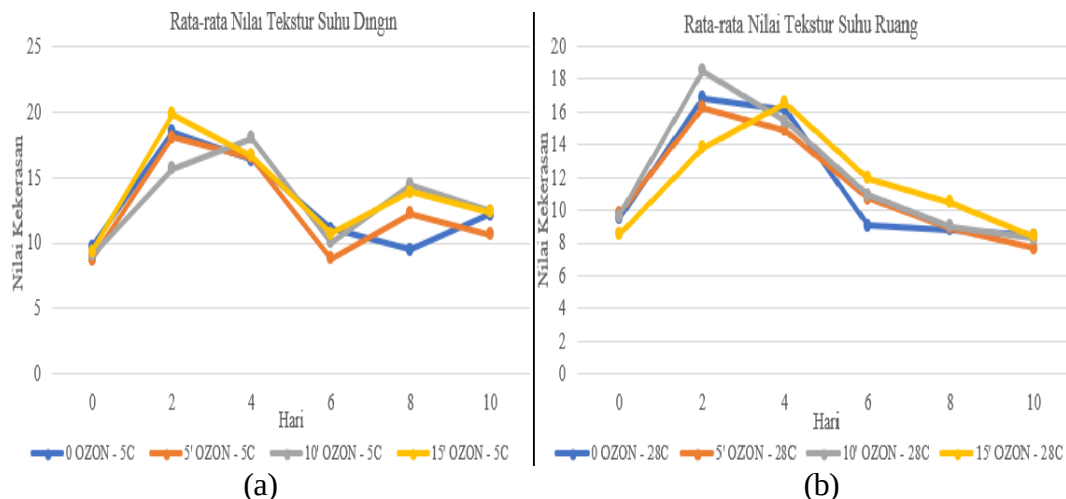
Hasil Uji *Repeated Measurement ANOVA- Test of Within-Subject Effect* RGB Tekstur Tomat menurut Huynh-Feldt, yaitu waktu penyimpanan berpengaruh nyata terhadap tekstur; interaksi antara waktu penyimpanan dan suhu tidak berpengaruh nyata terhadap tekstur; interaksi antara waktu penyimpanan dan ozon tidak berpengaruh nyata terhadap tekstur; dan waktu penyimpanan berinteraksi dengan suhu dan ozon tidak berpengaruh nyata terhadap tekstur.

b. *Test of Between-Subject Effects*

Tests of Between-Subjects Effects					
Measure: Tekstur					
Transformed Variable: Average					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	24995.610	1	24995.610	245.935	.000
SUHU	.538	1	.538	.005	.943
OZON	358.883	3	119.628	1.177	.350
SUHU * OZON	314.976	3	104.992	1.033	.404
Error	1626.160	16	101.635		

Gambar 3.12 Hasil Uji *Repeated Measurement ANOVA- Test of Between-Subject Effects* RGB Tekstur Tomat

Hasil Uji *Repeated Measurement ANOVA- Test of Between-Subject Effects* RGB Tekstur Tomat, yaitu suhu tidak berpengaruh nyata terhadap tekstur; ozon tidak berpengaruh nyata terhadap tesktur; dan interaksi antara suhu dan ozon tidak berpengaruh nyata terhadap tesktur.



Gambar 3.13 Nilai Kekerasan Tomat Selama Penyimpanan (a) Suhu Dingin (b) Suhu

Gambar 4.13 menunjukkan perubahan kekerasan seluruh sampel pada setiap suhu penyimpanan. Terlihat bahwa kekerasan seluruh sampel menurun seiring dengan waktu penyimpanan, namun setiap suhu penyimpanan mengalami penurunan dengan pola yang berbeda. Hari ke-0 (pertama) nilai tekstur tomat disimpan pada suhu ruang memiliki rata-rata 9,367, lalu nilai tekstur tomat disimpan pada suhu dingin memiliki rata-rata 9,217. Hari ke-10 (hari terakhir) nilai tekstur tomat disimpan pada suhu ruang adalah 8,208, lalu nilai tekstur tomat disimpan pada suhu dingin memiliki nilai rata-rata yang lebih besar, yaitu 11,908. Nilai tersebut sesuai dengan yang semestinya, menurut (Lado dkk., 2019), suhu dingin mengurangi aktivitas enzim yang terlibat dalam respirasi, sehingga memperlambat penuaan dan mempertahankan tekstur buah.

Ada beberapa kemungkinan mengapa dari warna dan tekstur hanya 1 (tomat dengan perlakuan pengozonan dan berwarna *redness*) yang signifikan, yaitu pengozonan yang hanya dilakukan sekali di awal saja, jadi ozon tidak bekerja secara optimal. Hal yang sama dialami (Triardianto & Bintoro, 2021) dalam penelitiannya bahwa, “meskipun pisang telah diolah dengan menggunakan ozon, namun pisang masih belum mampu memperlambat kerusakan akibat pendinginan pada suhu penyimpanan 5°C dan juga tidak mampu menahan laju respirasi yang tinggi pada suhu penyimpanan 27°C”. Jika dilakukan secara berkala tiap

pengamatan (2 hari sekali), pengozonan yang dilarutkan dalam cairan diganti ke pengozonan biasa saja, yaitu gas, jadi tidak membuat rusak tomat. Suhu yang terlalu dingin juga berpengaruh, menurut penelitian (Triardianto & Bintoro, 2021) menghasilkan bahwa sampel disimpan pada suhu 5°C penurunan yang lebih parah dibandingkan pada suhu 15°C dan 27°C. Suhu penyimpanan 15°C mampu mempertahankan rona warna sampel lebih baik dibandingkan suhu penyimpanan lainnya. Selain suhu yang terlalu dingin, suhu yang terlalu panas (suhu ruangan) berpengaruh juga dan menghasilkan laju respirasi cukup tinggi (Triardianto & Bintoro, 2021).

Masalah lainnya yaitu ketika membeli tomat sebanyak 168 buah atau sekitar 15 kg dengan menggunakan sepeda motor dan kantong kresek plastik yang menyebabkan tomat terbentur-bentur, menumpuk dan tertekan, padahal seharusnya fungsi kantong plastik sebagai kemasan sudah lebih baik dari pada kemasan kardus/karton, jaring plastik dan keranjang bambu dalam hal kontaminasi bakteri, sesuai dengan penelitian Waryat et al. (2016) dalam (Awanis dkk., 2021), bahwa “kubis yang ditransportasikan dengan kemasan plastik PE mengandung kontaminasi bakteri yang lebih rendah dibandingkan dengan kubis yang ditransportasikan dengan kemasan kardus/karton, jaring plastik. keranjang bambu”. Faktor kontaminasi bakteri aman, namun tidak dengan kondisi fisik, karena dalam penelitian segala sesuatu harus dilakukan secara maksimal, jadi perlakuan ozon dan suhu penyimpanan hanya satu yang berpengaruh nyata terhadap warna dan tekstur tomat. Masalah terakhir ialah tomat dibeli ketika malam hari dan disimpan pada *display refrigerator*, lalu dilakukan penelitian pada jam 8 pagi harinya, yang mana matahari sudah cukup terik untuk mengakibatkan kerusakan tomat. Penelitian Widaningrum et al. (2007) dalam (Awanis dkk., 2021), bahwa “pengangkutan harus dilakukan dalam kemasan tertutup selama dalam pengangkutan dan pendistribusian dari kebun sampai ke pasar atau konsumen”. Penelitian lainnya, yaitu Ahmad, 2013 dalam (Awanis dkk., 2021), bahwa “untuk pengangkutan menggunakan mobil dengan bak terbuka, sebaiknya diberi terpal untuk alas sekaligus penutup”.

3. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, diperoleh kesimpulan yaitu secara umum nilai RGB warna dan tekstur tomat cenderung menurun seiring dengan lamanya penyimpanan, meskipun pola data naik turun dan tidak signifikan, namun sudah cukup sesuai. Nilai rata-rata RGB warna dan tekstur tomat yang disimpan pada suhu dingin lebih rendah dari pada tomat yang disimpan pada suhu ruangan. Perlakuan ozon juga sudah cukup sesuai, yaitu data yang berpengaruh nyata ada pada faktor perlakuan pengozonan, tepatnya tomat dengan perlakuan pengozonan yang berwarna redness, namun jenis waktu pengozonan tidak terlalu berpengaruh nyata terhadap warna dan tekstur tomat, yang mana mewakili semua data penelitian lainnya. Penyebabnya ialah pengozonan yang hanya dilakukan sekali di awal saja, jadi ozon tidak bekerja secara optimal. Jika dilakukan secara berkala setiap pengamatan, pengozonan yang dilarutkan dalam cairan diganti ke pengozonan biasa saja, yaitu gas. Suhu penyimpanan 5°C terlalu dingin dan suhu ruangan (28°C) terlalu panas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pengajar dan staf Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember dan semua yang telah memberikan dukungan dalam

penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarsari, I., Oktaningrum, G. N., & Hermawan, A. (2020). Efektivitas Perlakuan Ozon dan Suhu Penyimpanan dalam Mempertahankan Kualitas Brokoli. Semarang. *Prosiding Seminar Nasional Kesiapan Sumber Daya Pertanian dan Inovasi Spesifik Lokasi Memasuki Era Industri 4.0*.
- Awanis, Qomariyah, R., & Lesmayati, S. (2021). Peran Teknologi Pascapanen dalam Menjamin Keamanan Produk Hortikultura. *Membangun Sinergi antar Perguruan Tinggi dan Industri Pertanian dalam Rangka Implementasi Merdeka Belajar Kampus Merdeka*, 5.
- Fitriana, I., & Sari, A. R. (2021). Pengaruh Lama Pencelupan Pada Larutan Ozon Terhadap Sifat Fisik dan Biokimia Daun Cincau Hijau (*Cyclea barbata*) Selama Penyimpanan. *Cannarium*, 19(2). <https://doi.org/10.33387/cannarium.v19i2.4224>
- Ganje, M., Jafari, S. M., Farzaneh, V., & Malekjani, N. (2018). Kinetics Modelling of Color Deterioration During Thermal Processing of Tomato Paste with The Use of Response Surface Methodology. *Heat and Mass Transfer*, 54(12), 3663–3671. <https://doi.org/10.1007/s00231-018-2394-3>
- Hadi, A. S. (2023). Khasiat Buah Tomat (*Solanum Lycopersicum*) Berpotensi sebagai Obat Berbagai Jenis Penyakit. *Empiris: Journal of Progressive Science and Mathematics*, 1(1), 7–15. <https://doi.org/10.59698/empiris.v1i1.36>
- Hartoyo, B., & Rachma, Y. A. (2022). Pemanfaatan Teknologi Ozon Sebagai Green Technology pada Penanganan Hasil Pertanian. *Jurnal Agrifoodtech*, 1(2), 68-80. <https://doi.org/10.56444/agrifoodtech.v1i2.328>
- Hermana, A. N., Zulkarnain, A., & Riadi, Y. A. (2018). Implementasi Pengolahan Model Warna RGB Pada Aplikasi Identifikasi Warna. *MIND (Multimedia Artificial Intelligent Networking Database) Journal*, 3(1), 49-60. <https://doi.org/10.26760/mindjournal>
- Kuswati, A. A., Darmawati, E., & Mariana Widayanti, S. 2020. Aplikasi Ozon untuk Mempertahankan Kualitas Buah Duku. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 8(1), 15–22. <https://doi.org/10.19028/jtep.08.1.15-22>
- Lado, J., Gurra, A., Zacarías, L., & Rodrigo, M. J. (2019). Influence of The Storage Temperature on Volatile Emission, Carotenoid Content and Chilling Injury Development in Star Ruby Red Grapefruit. *Food Chemistry*, 295, 72–81. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.108>
- Lismeri, L., Herdiana, N., & darni, Y. (2019). Diversifikasi Produk Olahan Tomat sebagai Alternatif “Camilan Sehat dan Lezat” Guna Meningkatkan Nilai Gizi dan Perekonomian Masyarakat Desa Giri Condro Langkapura Bandar Lampung. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 3(2).
- Novitasari, V. (2019). Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) dari Benih Lama yang Diinduksi Kuat Medan Magnet 0,1 mT, 0,2 mT, dan 0,3 mT. *Jurnal Biologi Indonesia*, 15(2), 219-225. <https://doi.org/10.14203/jbi.v15i2.3816>
- Sari, I. M., Prawanto, A., Sari, K. N., Hartawan, W., & Ansiska, P. (2021). Aplikasi Ozonisasi dalam Upaya Pengawetan Produk Hortikultura Tomat (*Lycopersicum*

-
- Esculentum Mill.). *Jurnal Ilmiah Fakultas Pertanian*, 3(1), 1-7. <https://doi.org/10.54895/lansium.v3i1.1238>
- Sulistiyana, E., & Handayani, M. N. (2021). Aplikasi Edible Coating Pati Buah Sukun (*Artocarpus Altilis*) pada Buah Belimbing (*Averrhoa Carambola* L). *EDUFORTECH*, 6(1). <https://doi.org/10.17509/edufortech.v6i1.33376>
- Triardianto, D., & Bintoro, N. (2021). The Effect of Different Time Durations of Ozone Treatment and Storage Temperatures on Postharvest Quality of Banana (*Musa Acuminata*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 759(1), 012012. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/759/1/012012>
- Ulfatimah, R., Wibisono, Y., Nurwahyuningsih, N., & Fadhila, P. T. (2023). Kajian Ozonisasi dalam Mempertahankan Kesegaran Buah Fresh-Cut Melon Orange Meta SGH (Smart Green House) Politeknik Negeri Jember. *Journal of Tropical Agricultural Engineering and Biosystems-Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 11(2), 176-185. <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2023.011.02.07>