

Pengaruh Plasma Ozon dari Reaktor Berpenghalang Dielektrik Ganda Terhadap Masa Simpan Produk Holtikultura dan Hewani

Alvina Nur Aini¹, Hanafi¹, Nurhasanah¹, Septilina Melati Sirait¹, Henny Rochaeni² dan David Yudianto^{1*}

¹Program Studi Penjaminan Mutu Industri Pangan, Politeknik AKA Bogor, Indonesia

²Program Studi Analisis Kimia, Politeknik AKA Bogor, Indonesia

*E-mail: davidyudianto@kemenperin.go.id

(Received : 11 Mei 2024 ; Accepted : 11 Juli 2025 Published: 31 Juli 2025)

Abstrak

Salah satu metode untuk mempertahankan umur simpan bahan pangan adalah dengan menggunakan plasma ozon. Dalam penelitian ini, teknik pelepasan plasma ozon dirancang menggunakan reaktor listrik dengan tegangan tinggi dan penghalang dielektrik ganda. Reaktor ini mampu menghasilkan dua zona plasma yang seragam di kedua sisi pelat dielektrik secara bersamaan yang menghasilkan efisiensi energi dan konsentrasi ozon yang lebih tinggi. Kapasitas mesin untuk menghasilkan gas ozon adalah 17 g ozon/jam sedangkan konsentrasi ozon yang terukur adalah 0,25 mg/L. Ozon kemudian digunakan untuk menguji sifat kimia, mikrobiologi, dan masa simpan daging sapi, daging ayam, stroberi, dan tomat. Sifat kimia yang diuji yaitu Total Asam Tertitiasi (TAT). Nilai TAT stroberi dan tomat yang diperlakukan ozon masing-masing adalah 0,299% dan 0,568%, lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan tanpa ozon, yaitu 0,437% dan 0,859%. Uji mikrobiologi dilakukan dengan mengukur Angka Lempeng Total (ALT) dan hasilnya menunjukkan bahwa perlakuan ozon secara signifikan mengurangi jumlah koloni bakteri hingga pengenceran 10^{-5} dibandingkan dengan perlakuan tanpa ozon. Pengujian masa simpan stroberi, tomat, daging sapi, dan daging ayam menunjukkan bahwa perlakuan ozon dapat memperpanjang masa simpan hingga 9 hari.

Kata kunci: dielektrik ganda; hewani; holtikultura; ozon; preservasi

Abstract

One method to maintain the shelf-life of food is by using ozone plasma. In this study, the ozone plasma release technique was designed using a high-voltage electric reactor and a double dielectric barrier. This reactor is capable of producing two uniform plasma zones on both sides of the dielectric plate simultaneously which results in higher energy efficiency and ozone concentration. The capacity of the machine to produce ozone gas is 17 g ozone/hour while the measured ozone concentration is 0.25 mg/L. Ozone was then used to test the chemical, microbiological, and shelf-life properties of beef, chicken, strawberries, and tomatoes. The chemical properties tested was Total Titratable Acid (TTA). The TTA values of strawberries and tomatoes treated with ozone were 0.299% and 0.568%, respectively, lower than those treated without ozone, which were 0.437% and 0.859%. Microbiological tests were conducted by measuring the Total Plate Count (TPC) and the results showed that ozone treatment significantly reduced the number of bacterial colonies to a dilution of 10^{-5} compared to treatment without ozone. Shelf-life testing of strawberries, tomatoes, beef, and chicken meat showed that ozone treatment could extend shelf life by up to 9 days.

Keywords: double dielectric; animal products; horticulture; ozone; preservation

PENDAHULUAN

Salah satu teknologi canggih yang tengah dikembangkan untuk preservasi hasil pertanian adalah plasma ozon (Hu et.al., 2023). Ozon merupakan jenis plasma yang relatif mudah dibentuk karena bahan bakunya tersedia melimpah di alam. Selain itu, ozon memiliki kekuatan oksidasi yang

tinggi, sehingga sangat efektif untuk menginaktivasi mikroba (Obadi et.al., 2023).

Indonesia sebagai negara agraris memiliki sumber daya alam yang melimpah, termasuk hasil hortikultura dan produk hewani. Namun, saat musim panen melimpah, seringkali banyak stok yang mengalami pembusukan. Salah satu solusi untuk

memperpanjang umur simpan produk hortikultura dan hewani adalah dengan memanfaatkan teknologi ozonasi (Cantalejo et.al., 2016). Hal ini sejalan dengan fakta bahwa ozon merupakan senyawa pengoksidasi yang kuat. Sifat reaktif ozon disebabkan oleh kemampuan radikal oksidasi yang dimilikinya yang dapat menguraikan ozon dalam air dan menghasilkan zat-zat aktif seperti radikal hidroksil dan superoksida (Chan and Wu, 2012).

Pengaruh ozon dalam mencegah pembusukan pascapanen selama penyimpanan telah diteliti pada berbagai komoditas (Chan and Wu, 2012). Ozon mampu menghambat mikroba patogen yang menyebabkan kerusakan yang terlihat pada produk. Selain itu, ozon lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan fungisida sintetik yang sering digunakan saat ini. Ozon juga dapat menghambat pertumbuhan miselia jamur dan mencegah sporulasi patogen yang dapat menyebar ke tanaman lainnya (Chan and Wu, 2012).

Asgar et.al. (2015) telah menerapkan teknologi ozonasi untuk mempertahankan kesegaran cabai selama penyimpanan. Kombinasi perlakuan ozonasi dengan pengemasan menggunakan plastik polietilen terbukti mampu menjaga kualitas dan bahkan memperpanjang umur simpan buah tomat hingga 12 hari pada suhu ruang (Zainuri et.al., 2018). Teknologi ozonasi juga menjadi alternatif efektif untuk memperpanjang umur simpan buah stroberi, mengurangi kerusakan akibat jamur dan mencegah kehilangan air selama penyimpanan dingin (Contigiani et.al., 2018). Selain itu, penerapan teknologi ozon berhasil memperlambat proses pelunakan pada buah blewah yang disimpan pada suhu 6 °C dan membatasi pertumbuhan mikroba pada buah tersebut (Toti et.al., 2018).

Plasma ozon dapat diproduksi melalui beberapa metode, yaitu secara elektrik, ultraviolet, dan elektrokimia (Hu et.al., 2023). Salah satu perkembangan terbaru dalam teknologi pelepasan plasma menggunakan metode listrik tegangan tinggi adalah dengan reaktor berpenghalang dielektrik ganda (Gouri et.al., 2011). Reaktor ini mampu menghasilkan dua zona plasma yang seragam di kedua sisi pelat dielektrik secara bersamaan, yang berkontribusi pada peningkatan area plasma dan efisiensi energi yang lebih tinggi. Selain itu, reaktor ini juga menghasilkan ozon dengan konsentrasi yang lebih tinggi dan menghindari karat karena udara tidak kontak langsung dengan kedua elektroda (Zhang et.al., 2014).

Peneliti telah mempelajari penggunaan reaktor berpenghalang dielektrik ganda untuk pengendalian pencemaran lingkungan seperti pengurangan senyawa organik volatil (Li et al., 2020) dan pengolahan air limbah dan lumpur (Liu et al., 2019). Penggunaan reaktor jenis ini untuk preservasi pangan masih jarang dilaporkan. Dengan melihat kelebihan yang dimiliki, diharapkan proses ozonasi pada produk pangan dengan reaktor ini

dapat berlangsung lebih efektif, sehingga memperpanjang masa simpan produk pangan tersebut (Gouri et.al., 2011).

Dalam studi ini dirancang sebuah reaktor berpenghalang dielektrik ganda dan diaplikasikan sebagai metode preservasi produk hortikultura dan hewani. Selain itu, dilakukan pula pengujian terhadap efektivitas ozon yang dihasilkan dalam memperpanjang masa simpan produk. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk meningkatkan daya saing serta nilai tambah produk hortikultura dan hewani di sektor industri pangan Indonesia.

METODOLOGI

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *ozone test photometric kit* (1200 test), kalium iodida (Merck), natrium tiosulfat (Merck), natrium hidroksida (Merck), indikator fenolftalein (Merck), nutrient agar (Himedia), kloroform (Merck), akuades, gas oksigen, selang poliuretan, kabel *ties*, regulator medis, stop kontak, kabel ganda serabut, kabel tunggal serabut, sakelar, *power supply* 12V 5A, resistor 100 ohm, 10 kiloohm dan 82 kiloohm, kapasitor 100 mikrofarad/50V, 0,01 mikrofarad/250-400V, dan 0,1 mikrofarad/250-400V, diode IN 4148 dan HER 305, lampu LED merah, IC NE 555, transistor D 1047, potensiometer mono 100 kilo, papan kayu jati, PCB titik, solder, timah, kawat alumunium, terminal blok 2 pin, *heatsink*, koil pengapian mobil, borosilikat silinder, plat tembaga, lem besi, akrilik, lem kaca, *flow meter*, blender, autoklaf, bunsen, mikropipet, inkubator, dan peralatan gelas laboratorium.

Sampel yang digunakan dalam pengujian ini adalah daging sapi, daging ayam, tomat, dan stroberi. Keempat bahan diperoleh dari pasar lokal di Kota Bogor, Jawa Barat.

Perancangan Mesin Plasma Ozon Berpenghalang Dielektrik Ganda

Perancangan mesin plasma ozon mengacu pada Yudianto et.al (2023) dengan modifikasi. Proses ozonasi yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan mesin *Double Dielectric Barrier Discharge* (DDBD) yang menggunakan konfigurasi reaktor penghalang dielektrik ganda pada kedua elektrodanya. Instalasi mesin ozon DDBD dilakukan dengan menyambungkan lubang input gas pada *chamber* reaktor ozon dengan tabung gas oksigen. Gas dialirkan menggunakan selang silikon ukuran 8 x 5 mm. Pengendalian laju alir gas oksigen dari tabung gas diatur dengan menggunakan regulator gas medis. Diantara selang yang menghubungkan tabung gas oksigen dan lubang input gas pada *chamber* reaktor ozon dipasang alat *flow meter* udara untuk mengetahui besarnya laju aliran udara yang dialirkan dari tabung gas oksigen ke dalam *chamber* reaktor ozon.

Chamber reaktor ozon disusun dengan konfigurasi penghalang dielektrik ganda. Penghalang menggunakan borosilikat silinder dengan geometri silinder yang kecil adalah 3.2 cm OD (*Outside Diameter*). Geometri silinder yang besar adalah 4 cm OD. Dengan ketebalan kedua silinder adalah 2 mm. Panjang kedua silinder adalah 16,5 cm. Pada sisi OD silinder besar dan sisi ID silinder kecil ditutup dengan plat tembaga sepanjang 10 cm. Plat tembaga pada sisi ID silinder kecil berfungsi sebagai elektroda aktif, yang diberikan aliran listrik langsung dari generator listrik tegangan tinggi, sedangkan plat tembaga pada sisi OD silinder besar merupakan elektroda pasif yang berfungsi sebagai *grounding*. Lubang output gas dari dalam *chamber* reaktor ozon dipasang selang silikon dan diarahkan langsung pada produk cair untuk proses ozonasi.

Penentuan Gas Ozon dan Kapasitas Mesin untuk Produksi Ozon (Yudianto et.al., 2023)

Pengukuran gas ozon dilakukan dengan menyiapkan 1 L kalium iodida 0,2 M dan 100 mL natrium tiosulfat 0,4 M. Larutan kalium iodida 0,2 M dimasukkan ke Erlenmeyer. Untuk evaluasi ini, mikro *bubble diffuser* perlu dipisahkan dan *rubber tube* segera dimasukkan ke larutan kalium iodida. Selanjutnya mesin generator ozon dihidupkan dan dilakukan proses ozonasi selama 2 menit. Adanya gas ozon dalam larutan kalium iodida akan mengubah larutan tersebut menjadi warna kuning. Kemudian larutan dititrasi dengan natrium tiosulfat 0,4 M sambil menunggu larutan menjadi bening atau tidak berwarna. Gas ozon dihitung dengan persamaan (Yulianto et al., 2019) :

$$O_3 \left(\frac{g}{L} \right) = \frac{24000 \times Vt \times Nt}{Vg}$$

Vt = volume natrium tiosulfat (mL)
Nt = normalitas natrium tiosulfat (mol/L)
Vg = volume oksigen (L)

Penentuan Konsentrasi Ozon Terlarut (Ateia et.al., 2018)

Konsentrasi ozon terlarut dalam sampel ditentukan dengan mengambil 10 mL sampel cair ke dalam tabung penganalisis Spectroquant. Reagen test kit ozon ditambahkan ke dalam tabung. Mula-mula reagen O₃-1 ditambahkan sebanyak 2 tetes ke dalam tabung reaksi, kemudian dikocok selama 10 detik. Reagen terakhir O₃-2 ditambahkan dengan dosis beberapa sendok kecil yang tersedia di tutup kemasan reagen. Langkah selanjutnya adalah mengocok campuran selama 10 menit. Reaksi antara ozon dan reagen dapat dilihat dari warna merah muda yang dihasilkan pada tabung reaksi. Pengukuran dimulai dengan mengkalibrasi Spectroquant Move DC ozon analyzer dengan

blanko reagen. Setelah itu, nilai dari sampel dibaca sebagai konsentrasi ozon terlarut dalam mg/L.

Penetapan Angka Lempeng Total (ALT) (Yudianto et.al., 2023)

Sampel yang digunakan untuk penetapan ALT adalah daging sapi, daging ayam, tomat dan stroberi. Masing-masing sampel diberi dua kelompok perlakuan, yaitu ozonasi dan tanpa ozonasi. Sampel dihaluskan, dimasukkan ke Erlenmeyer steril dan ditambahkan 90 mL akuades steril. Suspensi diambil 1 mL lalu dimasukkan ke 9 mL akuades steril untuk memperoleh pengenceran 10⁻¹, lalu dilanjutkan dengan pengenceran 10⁻², 10⁻³, 10⁻⁴ dan 10⁻⁵, dengan cara mengambil 1 mL di setiap pengenceran dan dipindahkan ke tabung pengenceran berikutnya yang berisi 9 mL akuades steril.

Sampel dari pengenceran 10⁻³, 10⁻⁴ dan 10⁻⁵ diambil sebanyak 1 mL dari setiap pengenceran dan dimasukkan ke cawan petri steril lalu ditambahkan ± 20 mL Nutrien Agar (NA) yang sudah didinginkan hingga suhu ± 30 °C. Sampel dan media agar dihomogenkan, setelah itu didiamkan sampai media membeku lalu diinkubasi pada temperatur 37 °C selama 24 - 48 jam. Setelah itu, dilakukan penghitungan jumlah koloni yang tumbuh di setiap cawan petri.

Penetapan Total Asam Tertitrasi (TAT)

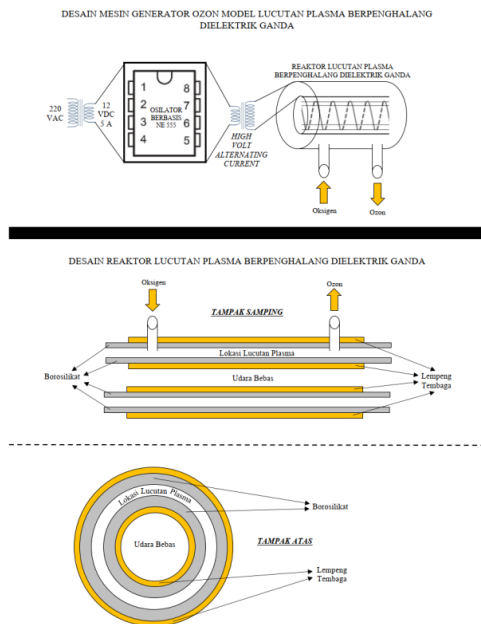
Sampel yang digunakan untuk penetapan TAT adalah tomat dan stroberi. Masing-masing sampel diberi dua kelompok perlakuan, yaitu ozonasi dan tanpa ozonasi. Penetapan TAT mengacu pada Rachma dan Darmanti (2023) dengan modifikasi. Sampel buah dihancurkan dengan blender, diencerkan sampai 100 mL dan disaring dengan kapas. Setiap sampel diambil sebanyak 10 mL, ditambah dengan 3 tetes indikator PP dan dititrasi dengan NaOH 0,1 N. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali ulangan untuk setiap sampel.

Uji Sensorik (Sirait et.al., 2023)

Uji organoleptik dilakukan dengan menggunakan pembeda sederhana. Uji pembeda sederhana menggunakan daging mentah/buah segar sebagai standar (tanpa ozonasi) dan sampel daging/buah yang sudah diberi perlakuan ozonasi. Uji pembeda sederhana merupakan penilaian dengan menetapkan perbedaan sensorik dengan standar yang dilihat dari segi mutu produk secara spesifik. Skala penilaian uji pembeda sederhana ini meliputi parameter warna, aroma dan tekstur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Mesin Plasma Ozon



Gambar 1. Desain mesin plasma berbasis reaktor berpenghalang dielektrik ganda

Gas ozon adalah plasma ozon yang dihasilkan langsung dari ruang *double dielectric barrier discharge* (DDBD). Mekanisme kerja mesin generator ozon yang telah dirancang dimulai dengan mengalirkan gas oksigen murni melalui ruang DDBD. Dalam ruangan ini, tegangan listrik tinggi dihantarkan dengan menggunakan arus bolak-balik. Elektroda aktif dan elektroda *ground* dipasang di antara jalur oksigen yang dihalangi oleh bahan dielektrik ganda. Lucutan elektron dari tegangan listrik tinggi mengenai elektron pada molekul gas oksigen. Aktivitas ini akan membuat disosiasi gas oksigen (Hu et.al, 2023).

Satu atom oksigen akan bereaksi dengan molekul gas oksigen lainnya membentuk molekul ozon. Plasma ozon ini siap dilarutkan ke dalam sampel cair melalui *microbubble diffuser*. Sistem DDBD adalah salah satu teknologi baru untuk generator plasma yang memproduksi ozon (Hu et.al, 2023). Hasil evaluasi menunjukkan bahwa konsentrasi gas ozon adalah 150 mg/L untuk laju alir udara lingkungan 1 L/menit. Data ini mempunyai kecenderungan serupa dengan percobaan yang dilakukan oleh Azam et.al. (2019) dan Chasanah et.al. (2019), yang juga menghasilkan konsentrasi gas ozon yang tinggi pada laju alir oksigen rendah. Produksi gas ozon dipengaruhi oleh waktu tinggal di lokasi antara dua elektroda (Chasanah et al. 2019). Laju alir oksigen mempengaruhi konsentrasi gas ozon yang terbentuk di dalam ruang dari mesin DDBD. Penelitian Nur et al. (2017) menyatakan bahwa semakin rendah masukan aliran gas pada

ruang reaktor ozon maka konsentrasi gas ozon semakin tinggi.

Hasil penetapan kapasitas mesin untuk menghasilkan gas ozon adalah 17 g ozon/jam. Hasil ini sebanding dengan percobaan yang dilakukan oleh Chasanah et al. (2019) dan Yudianto et al. (2023) yang memiliki kapasitas mesin serupa dalam memproduksi ozon (g/jam) pada berbagai input laju alir oksigen. Produksi ozon dipengaruhi oleh berapa lama oksigen berada di dalam reaktor dan berapa banyak oksigen yang masuk ke reaktor (Yudianto et al., 2023). Dari data yang ada, jika oksigen tinggal lebih lama di dalam reaktor, maka kapasitas yang dihasilkan sedikit lebih kecil dibandingkan jika oksigen yang masuk lebih banyak dalam satuan liter per menit.

Besarnya konsentrasi ozon terlarut relatif meningkat dan mulai menuju saturasi pada 30 menit proses ozonasi. Pada fase stasioner ini, didapatkan konsentrasi ozon terlarut sebesar 0,25 mg/L. Dalam hal ini, tidak ada masalah mengenai homogenitas konsentrasi ozon terlarut dalam sampel.

Analisis Angka Lempeng Total (ALT)

Alwi dan Maulina (2012) menjelaskan bahwa keberadaan mikroba dapat menjadi salah satu indikator biologis untuk menentukan apakah suatu makanan dan minuman layak untuk dikonsumsi atau tidak. Pemeriksaan mikroba dapat dilakukan dengan menggunakan metode Angka Lempeng Total (ALT). Metode ALT adalah metode kuantitatif yang digunakan untuk mengetahui jumlah mikroba dalam suatu sampel. Menurut Mailoa et.al. (2017), metode ALT digunakan untuk menghitung jumlah koloni mikroba aerob. Metode ALT dapat dilakukan dengan cara tuang, tetes, atau sebar. Menurut Wiratna dkk. (2019), jumlah mikroba diperoleh dengan menghitung semua koloni yang tumbuh pada permukaan media agar yang digunakan.

Penyimpangan mutu mikrobiologi dapat membuat produk pangan tidak layak untuk dipasarkan dan dikonsumsi. Produk dengan standar mikrobiologi yang tidak sesuai akan lebih cepat rusak, sehingga memperpendek umur simpannya. Selain itu, mutu mikrobiologi juga digunakan sebagai indikator untuk menilai kebersihan dan higienitas dalam proses produksi (Shewfelt, 2014).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan dengan ozon memberikan pola penurunan koloni bakteri yang teratur dan signifikan dibandingkan perlakuan tanpa ozon (Tabel 1). Hal ini membuktikan bahwa ozon merupakan agen yang efektif untuk membunuh mikroorganisme seperti bakteri.

Ozon dalam konteks pengawetan produk hortikultura digunakan dalam bentuk gas untuk menghentikan pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme patogen (Hu et.al., 2023). Waktu terpapar ozon yang paling efektif dalam membunuh bakteri *Escherichia coli* adalah selama 20 menit

(Ma'ruf et al., 2018). Dengan sifat oksidatifnya yang kuat, ozon efektif dalam membunuh berbagai jenis mikroorganisme penyebab kerusakan produk, menjadikannya bahan yang efisien dan ramah lingkungan dalam melindungi produk hortikultura dari kerusakan selama penyimpanan (Pandiselvam et.al., 2018). Mekanisme ozon dalam mengawetkan produk hortikultura didasarkan pada sifat oksidatif yang kuat dari ozon. Konsentrasi ozon dari 0,3 hingga 0,9 mg/L dapat secara efektif membunuh berbagai jenis mikroorganisme seperti bakteri dan virus (Han et.al., 2006).

Tabel 1. Hasil pengujian Angka Lempeng Total

Sampel	Perlakuan	Jumlah Koloni Tiap Pengenceran				
		10-1	10-2	10-3	10-4	10-5
Tomat	Tanpa Ozon	TBUD	13	9	0	1
Stoberi		132	34	42	26	5
Daging sapi		TBUD	TBUD	26	158	48
Daging ayam		TBUD	TBUD	TBUD	52	TBUD
Tomat	Dengan Ozon	TBUD	51	8	8	4
Stoberi		TBUD	62	7	2	2
Daging sapi		TBUD	TBUD	91	16	5
Daging ayam		TBUD	TBUD	TBUD	TBUD	55

TBUD = terlalu banyak untuk dihitung, jumlah koloni > 250

Ketika ozon dipaparkan pada produk hortikultura, ozon berinteraksi dengan komponen sel mikroorganisme melalui serangkaian reaksi oksidasi. Proses ini menyebabkan kerusakan pada membran sel mikroorganisme, struktur genetik, dan enzim yang penting untuk kelangsungan hidup mereka (Obadi et.al., 2023). Sebagai akibatnya, mikroorganisme patogen menjadi tidak aktif dan tidak dapat berkembang biak (Pandiselvam et.al., 2018). Dengan mengurangi atau menghilangkan mikroorganisme patogen ini, ozon membantu memperpanjang umur simpan produk hortikultura dengan mengurangi risiko kerusakan dan pemborosan makanan (Xue et al., 2023).

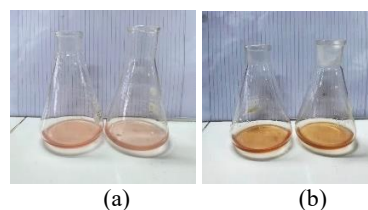
Analisis Sifat Kimia Total Asam Tertitrasi

Pengukuran Total Asam Tertitrasi (TAT) merupakan penentuan konsentrasi total asam. Total Asam Tertitrasi (TAT) berhubungan dengan pengukuran total asam yang terkandung dalam makanan. TAT merupakan penduga pengaruh keasaman terhadap rasa dan aroma yang lebih baik dibandingkan dengan pH (Rizal (2006). Nilai TAT meliputi pengukuran total asam yang terdisosiasi dan tidak terdisosiasi, sedangkan pH hanya mengukur total asam dalam kondisi terdisosiasi (Harris, 2014). Oleh karena itu hasil pengukuran TAT lebih relevan daripada pH dalam penggunaannya untuk mengetahui jumlah asam organik pada buah dan sayur.

Sampel yang digunakan untuk uji TAT adalah stroberi dan tomat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persen TAT lebih rendah pada sampel yang diberi perlakuan ozon daripada sampel yang tidak diberi perlakuan ozon (Tabel 2). Beberapa studi menyebutkan bahwa perlakuan ozon dapat mengoksidasi asam-asam organik yang terkandung dalam sampel buah dan sayur, sehingga jumlahnya menjadi berkurang (Gorzelay et.al., 2022; Botondi et.al., 2021; Li et.al., 2022).

Tabel 2. Hasil pengujian Total Asam Tertitrasi (TAT)

Sampel	Perlakuan	% TAT
Stoberi	Dengan Ozon	0,299
	Tanpa Ozon	0,437
Tomat	Dengan Ozon	0,568
	Tanpa Ozon	0,859

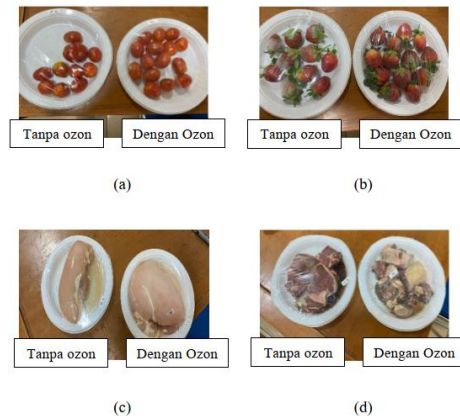


Gambar 3. Hasil titrasi asam pada (a) sampel stroberi, (b) sampel tomat

Uji Sensorik dan Pengujian Masa Simpan Pangan

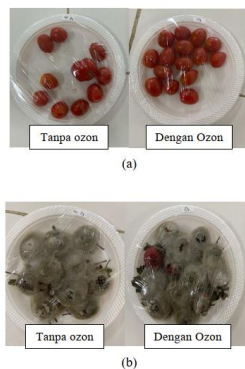
Evaluasi sensorik dilakukan pada hari kesembilan dan kelima belas. Evaluasi dilakukan terhadap warna, bau dan tekstur sampel tomat, stroberi, daging ayam dan daging sapi. Pada hari kesembilan, sampel tomat tanpa ozon dan dengan ozon memiliki warna, bau, dan tekstur yang masih baik dan layak dikonsumsi. Sampel stroberi tanpa ozon telah ditumbuhi jamur pada hari kesembilan, sedangkan sampel stroberi dengan ozon masih memiliki warna, bau, dan tekstur yang baik dan layak dikonsumsi.

Sampel daging sapi dan daging ayam dengan perlakuan ozon menunjukkan tekstur yang lebih lunak dibandingkan sampel daging sapi dan daging ayam tanpa perlakuan ozon. Menurut Izzah dkk. (2024), ozon dapat mengoksidasi protein mioglobin pada daging sehingga memicu perubahan warna dan tekstur daging, termasuk peningkatan kelunakannya.



Gambar 4. Hasil uji masa simpan hari kesembilan (a) sampel tomat, (b) sampel stroberi, (c) sampel daging ayam, (d) sampel daging sapi

Pada hari kelima belas, seluruh sampel stroberi ditumbuhi jamur, sedangkan sampel tomat masih mempunyai warna, bau, dan tekstur yang baik. Seluruh sampel daging telah mengalami pembusukan. Hasil pengujian masa simpan menunjukkan bahwa karakteristik sensorik sampel yang diberi perlakuan ozon mampu bertahan baik hingga hari kesembilan.



Gambar 5. Hasil uji masa simpan hari kelima belas (a) sampel tomat, (b) sampel stroberi

KESIMPULAN

Hasil penetapan kapasitas mesin untuk menghasilkan gas ozon adalah 17 g ozon/jam, sedangkan konsentrasi ozon terlarut sebesar 0,25 mg/L. Mesin ini efektif digunakan untuk memperpanjang masa simpan stroberi, tomat, daging sapi, dan daging ayam hingga 9 hari. Ozon yang dihasilkan terbukti mampu membunuh bakteri pada sampel uji, yang terlihat dari hasil pengujian Angka Lempeng Total (ALT). Selain itu, ozon tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap sifat kimia sampel yaitu Total Asam Tertitiasi (TAT) sehingga kualitas sampel tetap terjaga.

DAFTAR PUSTAKA

Alwi, M., & Maulina, S. (2012). Pengujian Bakteri *Coliform* dan *Escherichia coli* pada Beberapa Depot Air Minum Isi Ulang di

Kecamatan Palu Timur Kota Palu. *Biocelbes*, 6, 40–47.

Asgar, A., Sugiarto, A.T., Sumartini, S., & Ariani, D. (2011). Kajian Ozonasi (O_3) Terhadap Karakteristik Kubis Bunga (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) Segar Selama Penyimpanan Pada Suhu Dingin. *Berita Biologi*, 10, 787–795.

Ateia, M., Ceccato, M., Budi, A., Ataman, E., Yoshimura, C., & Johnson, M.S. (2018). Ozone-Assisted Regeneration of Magnetic Carbon Nanotubes For Removing Organic Water Pollutants. *Chemical Engineering Journal*, 335, 384–391. <https://doi.org/10.1016/j.ccej.2017.10.166>.

Ati, V. M., Mauboy, R. S., & Keneng, M. S. R. A. (2020). Pengujian Kadar Bilangan Peroksida dan Asam Lemak Bebas Minyak Kelapa (*Cocos nucifera* L.) Kelentik. *In Jurnal Biotropikal Sains*, 17.

Azam, M., Restiwijaya, M., Zain, A. Z., Sumariyah, S., Setiawati, E., Richardina, V., Hendrini, A. R., Dayana, B., Kinandana, A. W., Arianto, F., Bintang, K. N., Putri, Y., Valas, Y. K., & Nur, M. (2019). DDBD Ozone Plasma Reactor Generation: The Proper Dose for Medical Applications. *Journal of Physics: Conference Series*, 1217, 1-6.

Botondi, R., Barone, M., & Grasso, C. (2021). A Review into the Effectiveness of Ozone Technology for Improving the Safety and Preserving the Quality of Fresh-Cut Fruits and Vegetables. *Foods*, 10, 748. <https://doi.org/10.3390/foods10040748>.

Cantalejo, M.J., Zouaghi, F., & Pérez-Arnedo, I. (2016). Combined Effects of Ozone and Freeze-Drying on The Shelf-Life of Broiler Chicken Meat. *LWT - Food Science and Technology*, 68, 400–407. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.058>.

Chan, G.Y.S., & Wu, J.G. (2012). *Efficacy of Ozone on Pesticide Residues, Ozone in Food Processing*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd.

Chasanah, U., Yulianto, E., Zain, A.Z., Sasmita, E., Restiwijaya, M., Kinandana, A.W., Arianto, F., & Nur, M. (2019). Evaluation of Titration Method on Determination of

- Ozone Concentration produced by Dielectric Barrier Discharge Plasma (DBDP) Technology. *Journal of Physics: Conference Series*, 1153. DOI: 10.1088/1742-6596/1153/1/012086.
- Contigiani, E.V., Jaramillo-Sanchez, G., Castro, M.A., Gomez, P.L., & Alzamora, S.M. (2018). Postharvest Quality of Strawberry Fruit (*Fragaria x Ananassa Duch*) cv. 'Albion' as Affected by Ozone Washing: Fungal Spoilage, Mechanical Properties, and Structure. *Journal of Food and Bioprocess Technology, Springer Nature*.
- Gouri, R., Zouzou, N., Tilmatine, A., Moreau, E., & Dascalescu, L. (2011). Collection Efficiency of Submicrometre Particles Using Single and Double DBD In A Wire-To-Square Tube ESP. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 44. <https://doi.org/10.1088/0022-3727/44/49/495201>.
- Gozerlany, J., Kapusta, I., Zardzewialy, M., & Belcar, J. (2022). Effects of Ozone Application on Microbiological Stability and Content of Sugars and Bioactive Compounds in the Fruit of the Saskatoon Berry (*Amelanchier alnifolia* Nutt.). *Molecules*, 27. <https://doi.org/10.3390/molecules27196446>.
- Han, J.H., Oh, B.S., Choi, S.Y., Kwon, B.C., Sohn, M.H., Kim, K.E., & Kang, J.W. (2006). Killing Effect of Ozone on House Dust Mites, the Major Indoor Allergen of Allergic Disease. *Ozone: Science and Engineering*, 28, 191-196. DOI: 10.1080/01919510600689679.
- Harris, F., & Fadli, M. (2014). Penentuan Umur Simpan (*Shelf Life*) Pundang Seluang (*Rasbora sp.*) yang Dikemas Menggunakan Kemasan Vakum dan Tanpa Vakum. *Jurnal Saintek Perikanan*, 9.
- Hu, X.R., Wang, Y.C., Tong, Z., Wang, C., Duan, E.H., Han, M.F., Hsi, H. C., & Deng, J.-G. (2023). Degradation of Trichloroethylene by Double Dielectric Barrier Discharge (DDBD) Plasma Technology: Performance, Product Analysis and Acute Biototoxicity Assessment. *Chemosphere*, 329. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138651>.
- Izzah, A.N., Nurtiana, W., Ningrum, M.A., Anggraeni, S., Nugroho, I., Hasanah, A.S., Alfidah, R., & Febriyani, R. (2024). Effect of Beef Treatment at Different Temperatures on Myoglobin Changes: A Brief Review. *Journal of Tropical Food and Agroindustrial Technology*, 05. DOI: 10.21070/jtfat.v5i01.1620.
- Ketaren, S., (2005), *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, Jakarta: UI-Press.
- Li, S., Dang, X., Yu, X., Abbas, G., Zhang, Q., & Cao, L. (2020). The Application of Dielectric Barrier Discharge Non-Thermal Plasma in VOCs Abatement: A review. *Chemical Engineering Journal*, 388, 124275. DOI: 10.1016/j.cej.2020.124275.
- Li, C., Wang, S., Wang, J., Wu, Z., Xu, Y., & Wu, Z. (2022). Ozone Treatment Promotes Physicochemical Properties and Antioxidant Capacity of Fresh-Cut Red Pitaya Based on Phenolic Metabolism. *Sec. Nutrition and Food Science Technology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1016607>.
- Liu, Y., Wang, C., Shen, X., Zhang, A., Yan, S., Li, X., Miruka, A.C., Wu, S., Guo, Y., & Ognier, S. (2019). Degradation of Glucocorticoids in Aqueous Solution by Dielectric Barrier Discharge: Kinetics, Mechanisms, and Degradation Pathways. *Chemical Engineering Journal*, 374. 412–428. DOI: 10.1016/j.cej.2019.05.154.
- Longorbardi, F., Contillo, F., Catucci, L., Tommasi, L., Caponio, F., & Paradiso, V.M. (2021). Analysis of Peroxide Value in Olive Oils with An Easy and Green Method. *Food Control*, 130. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108295>.
- Ma'ruf, A., Dewi, S. S., & Wardoyo, F. A. (2018). Waktu Paparan Gas Ozon Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli*. *Pendidikan, Sains, dan Teknologi*, 1–5.
- Mailoa, M.N., Topatubun, A.M., & Matrutty, T.E.A.A. (2017). Analysis Total Plate Counte (TPC) On Fresh Steak Tuna Applications Edible Coating *Caulerpa sp.* During Stored at Chilling Temperature. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 89. DOI :10.1088/1755-1315/89/1/012014.
- Nur, M., Susan, A.I., Muhlisin, Z., Arianto, F., Kinandana, A.W., Nurhasanah, I.,

- Sumariyah, S., Wibawa, P. J., Gunawan, G., & Usman, A. (2017). Evaluation of Novel Integrated Dielectric Barrier Discharge Plasma as Ozone Generator. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 12, 24–31. <https://doi.org/10.9767/bcrec.12.1.605.24-31>.
- Obadi, M., Li, Y., & Xu, B. (2023). Recent Advances in Extending the Shelf Life of Fresh Wet Noodles: Influencing Factors and Preservation Technologies. *Journal of Food Science* 88, 3626-3648. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16719>.
- Pandiselvam, R., Thirupathi V., Chandrasekar V., Kothakota A., & Anandakumar S. (2018). Numerical Simulation and Validation of Mass Transfer Process of Ozone Gas In Rice Grain Bults. *Ozone: Science & Engineering*, 40, 191-197. <https://doi.org/10.1080/01919512.2017.1404902>.
- Praptiwi., P.D., & Harapini, M. (2006). Nilai Peroksida dan Aktivitas Anti Radikal Bebas Diphenyl Picril Hydrazil Hydrate (DPPH) Ekstrak Metanol Knema laurina. *Jurnal Majalah Farmasi Indonesia.*, 17, 32-36.
- Puspitadewi, N.P.N. & Muderawan, I.W. (2016). Fisikokimia, Fitokimia, dan Aktivitas Antioksidan dari Ekstrak Etil Asetat Biji Manggis (*Garcinia mangostana L.*). *Prosiding Seminar Nasional MIPA*, 345-349.
- Rachma, Y.A, & Darmanti, S. (2023). Total Asam, Total Padatan Terlarut, dan Rasio Gula-Asam Buah Pisang Raja (*Musa paradisiaca L.*) pada Kondisi Penyimpanan yang Berbeda. *Buletin Anatomi dan Fisiologi* 8, 37-41.
- Rizal, M. (2016). Analisis Kandungan MPN dan ALT pada Fish Nugget Berbahan Dasar Limbah Ikan. *Jurnal Biologi Sel* 5, 144-151.
- Shahidi, F., & Wanasundara UN. (2002). *Methods For Measuring Oxidative Rancidity in Fats and Oils*. In Akoh, C.C., & Min, D.B. Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Shewfelt, R.L. 2014. *Introducing Food Science*. Boca Raton: CRC Press.
- Sirait, M.S., Solhat, S., Hanafi, Nurhasanah, & Aini, A.N. (2023). Karakteristik Fisikokimia, Organoleptik dan Kandungan Gizi Selai Albedo Semangka yang Ditambahkan Buah Kersen. *Agrointek*, 17, 466-473. DOI: 10.21107/agrointek.v17i2.15510.
- Toti, M, Carboni C., & Botondi R. (2018). Postharvest Gaseous Ozone Treatment Enhaces Quality Parameters and Delays Softening in Cantaloupe Melon During Storage at 6 °C. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- Wiratna. G., Rahmawati, & Linda, R. (2019). Angka Lempeng Total Mikroba pads Minuman The di Kota Pontianak. *Protobiont*, 8, I69-73.
- Witono, Y., Aulanni'am, Subagio A., & Widjanarko S.B. (2007). Ekstraksi Virgin Coconut Oil Secara Enzimatis Menggunakan Protease dari Tanaman Biduri (*Calotropis gigantea*). *Jurnal Agritech*, 27, 100-106.
- Xue, W., Macleod, J., & Blaxland, J. (2023). The Use of Ozone Technology to Control Microorganism Growth, Enhance Food Safety and Extend Shelf Life: A Promising Food Decontamination Technology. *Foods*, 12. DOI: 10.3390/foods12040814
- Yudianto, D., Hariyadi, R.D., Sukarno, Nur, M., & Purnomo, E.H. (2023). Potential and Simulation of Optimization Design for Ozonation Process on Commercial Sterility Level of Coconut Water Product: A Review. *Tropical Journal of Natural Research*, 7, 3080-3100. <http://www.doi.org/10.26538/tjnpr/v7i6.3>.
- Yudianto, D., Hariyadi, R.D., Sukarno, Nur, M., & Purnomo, E.H. (2023). Chaaracterization of Ozone Distribution in Distilled Water and Coconut Water Produced Using a Double Dielectric Barrier Discharge Machine. *Jurnal Biota*, 9, 80-96. <https://doi.org/10.19109/Biota.v9i2.16714>.
- Zainuri, Jayaputra, Sauqi, A., Sjah, T., & Desiana, R.Y. (2018). Combination of Ozone and Packaging Treatments Maintained the Quality and Improved the Shelf Life of Tomato Fruit. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 102. DOI: 10.1088/1755-1315/102/1/012027.
- Zhang, H., Li, K., Shu, C., Lou, Z., Sun, T., & Jia, J. (2014). Enhancement of Styrene Removal

Using a Novel Double-Tube Dielectric
Barrier Discharge (DDBD) Reactor.
Chemical Engineering Journal, 256, 107–
118.
<https://doi.org/10.1016/j.cej.2014.06.105>.