



Article Review

**Pemanfaatan Teknologi Ozon Sebagai Green Technology pada
Penanganan Hasil Pertanian**

***Utilization Of Ozone Technology As Green Technology In Handling
Agricultural Products***

Budi Hartoyo^{1*} dan Yasmin Aulia Rachma¹

¹ Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas 17 Agustus 1945 Semarang

*Korespondensi : budi-hartoyo@untagsmg.ac.id

ABSTRAK

Produk pangan dan hasil pertanian bersifat mudah rusak (perishable), sehingga berpotensi mengalami susut (*losses*), baik kualitas maupun kuantitasnya selama proses pascapanen dan pengolahan karena perubahan fisiologis berupa fisik, kimia, dan mikrobiologis.. Sebagai upaya menurunkan susut (*losses*) selama pascapanen dan perubahan fisiologis, maka perlu penerapan teknologi yang sesuai (*appropriate technology*). Aplikasi teknologi ozon pada penanganan buah, sayuran dan hasil perikanan mempunyai prospek yang baik karena dirasakan aman dan efektif. Ozon (O₃) memiliki fungsi utama, yaitu sebagai oksidator dan disinfektan atau gabungan kedua fungsi tersebut. Potensi oksidasi yang tinggi pada ozon dapat dimanfaatkan untuk membunuh bakteri (proses sterilisasi), menghilangkan warna (proses deokolorisasi), menghilangkan bau (proses deodorisasi), dan menguraikan senyawa organik (proses degradasi). Perlakuan air berozon yang dilakukan pada penyimpanan produk pangan dan hasil pertanian tidak merusak kandungan gizinya, karena kandungan ozon sendiri akan hilang dengan cara penguapan. Jika ozon terkena paparan sinar matahari akan mengurai menjadi senyawa oksigen kembali. Pemanfaatan teknologi ozon banyak digunakan untuk mengurangi kontaminasi dan memperpanjang masa simpan buah, sayuran dan hasil perikanan segar. Tulisan ini menelaah dan mensintesis beberapa hasil penelitian terkait penggunaan ozon untuk buah-buahan, sayuran dan komoditas pertanian lainnya selama proses pascapanen dan penanganan hasil pertanian.

Kata Kunci : teknologi ozon, green technology, penanganan hasil pertanian

ABSTRACT

Food and agricultural products are perishable, so they have the potential to experience losses, both in quality and quantity during the post-harvest process and processing due to physiological changes in the form of physical, chemical and microbiological. As an effort to reduce losses during post-harvest and physiological changes, it is necessary to apply appropriate technology (appropriate technology). The application of ozone technology in the handling of fruits, vegetables and fishery products has good prospects because it is felt to be safe and effective. Ozone (O₃) has the main function, namely as an oxidizer and disinfectant or a combination of these two functions. The high oxidation potential of ozone can be used to kill bacteria (sterilization process), remove color (decolorization process), remove odors (deodorization process), and decompose organic compounds (degradation process). The treatment of ozonized water in the storage of food products and agricultural products does not damage their nutritional content, because the ozone content itself will be lost by evaporation. If ozone is exposed to



sunlight it will break down into oxygen compounds again. Utilization of ozone technology is widely used to reduce contamination and extend the shelf life of fresh fruit, vegetables and fishery products. This paper examines and synthesizes several research results related to the use of ozone for fruits, vegetables and other agricultural commodities during the postharvest process and handling of agricultural products.

Keywords: *ozone technology, green technology, handling of agricultural products*

PENDAHULUAN

Secara umum, hasil pertanian bersifat mudah rusak (*perishable*). Buah-buahan, sayuran, hasil peternakan serta perikanan setelah panen akan berpotensi mengalami kerusakan yang berasal dari perubahan fisiologis berupa fisik, kimia, dan mikrobiologi. Penanganan hasil pertanian pada dasarnya adalah tindakan untuk memperkecil atau menghilangkan faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan produk pertanian. Selama ini, upaya untuk mempertahankan hasil pertanian agar tetap segar dan tahan lama antara lain adalah dengan pengaturan suhu, pengeringan, rekayasa tempat simpan, dan penggunaan bahan-bahan kimia (desinfektan). Selain membutuhkan biaya yang lebih tinggi, terutama perlakuan desinfektan akan memberikan pengaruh buruk bagi kesehatan manusia.

Penanganan pascapanen bahan pangan dan hasil pertanian merupakan rangkaian kegiatan usaha tani yang memiliki makna strategis. Proses penanganan pascapanen yang tidak tepat akan berpengaruh terhadap penurunan kualitas dan produksi hasil pertanian. Untuk itu, perlu penerapan teknologi yang tepat (*appropriate technology*) selama proses kegiatan pascapanen bahan pangan dan hasil pertanian.

Salah satu teknologi yang potensial, prospektif dan ramah lingkungan dalam penanganan hasil pertanian adalah pemanfaatan teknologi ozon. Teknologi ozonisasi ialah salah satu teknologi yang dapat memperpanjang umur simpan buah, menjaga kesegaran produk, tidak mempengaruhi nilai gizi dan mampu melarutkan beberapa jenis pestisida dan ozon sendiri adalah antimikroba yang tidak meninggalkan residu (Pangidoan & Mariana, 2020). Keamanan dan pemanfaatan pengolahan makanan dari ozon telah ditinjau oleh para ahli sejak tahun 1997 dan ozon diakui aman untuk digunakan dalam makanan dan pengolahan makanan (Cullen *et al.*, 2009). Castanha *et al.* (2017) menambahkan bahwa ozon (O₃) merupakan gas tidak stabil dan mudah terdekomposisi menjadi oksigen. Pemanfaatan teknologi ozonisasi sangat menguntungkan dan potensial untuk dikembangkan karena murah (*low cost*), mudah dalam pengoperasiannya (*easy process*), aman (*safety*) dan ramah lingkungan (*eco friendly*) (Suprpto, 2021). Sifat ozon yang tidak stabil dan mudah terurai menjadikan ozon tidak meninggalkan residu pada media yang kontak langsung maupun lingkungan sekitar (Cavalcante *et al.*, 2013; Ozone solutions, 2022). Lovato *et al.* (2009) menyatakan bahwa keunggulan teknologi ozon adalah “*green technology*”, karena tidak meninggalkan residu dan ozon mudah terdekomposisi menjadi oksigen.



Penggunaan ozon sebagai green technology atau teknologi ramah lingkungan berpotensi dalam penggunaannya di bahan pangan sehingga usia simpan lebih lama atau awet. Sifat ozon yang tidak menimbulkan efek negatif karena langsung dapat berubah menjadi oksigen, sehingga tidak ada zat yang tertinggal di makanan sehingga tidak memiliki efek samping sekaligus aman, dan dapat dijadikan sebagai pengganti bahan pengawet untuk makanan seperti formalin. Molekul ozon yang terbentuk bersifat tidak stabil dan selalu berusaha melepaskan satu atom oksigen dengan cara oksidasi, sehingga dapat berubah menjadi molekul oksigen (O_2) yang stabil. Sifat oksidator yang dimiliki ozon ini kemudian dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi di berbagai bidang/ sektor (Haifan, 2017).

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. Selain itu, ozon memiliki kemampuan oksidasi yang sangat kuat yang dapat menekan pertumbuhan mikrobia pada produk pangan, sehingga kesegaran dan daya simpan produk dapat bertahan lebih lama (de Souza *et al.*, 2018).

Teknologi ozonisasi saat ini semakin berkembang dan telah dipergunakan dalam berbagai bidang antara lain pengolahan air minum, penanganan limbah cair, sterilisasi peralatan kedokteran, industri tekstil, sterilisasi bahan pangan mentah dan pengawetan bahan makanan (Haifan, 2017). Dalam industri pangan dan hasil pertanian, ozon dimanfaatkan sebagai desinfektan untuk proses sterilisasi, menghilangkan kandungan logam berat (seperti Fe dan Mn) yang menempel pada produk pangan, memperpanjang masa simpan dan meningkatkan tingkat keamanan pangan. Peran ozon dalam bahan pangan selain sebagai desinfektan, yaitu bersifat deodorasi (mampu menghilangkan bau yang diakibatkan senyawa organik dan mikroorganisme), bersifat dekolorasi (menghilangkan zat pewarna organik) dan mampu mendegradasi atau menguraikan berbagai senyawa organik dan mengoksidasi logam berat (Asgar *et al.*, 2015).

Menurut Qin *et al.* (2018), Aplikasi ozon digunakan untuk banyak hal seperti disinfektan dan pembunuh virus pada obat – obatan, penanganan tanah pada pertanian, purifikasi bahan pangan, penjernihan air dan air minum, disinfektan dan sterilisasi, menjaga kesegaran buah dan sayuran serta pencegahan pertumbuhan jamur, kecantikan dan kesehatan, pertanian dan perikanan, penghilang bau busuk, serta aplikasi pada proses pabrikasi pembuatan film. Aplikasi ozon untuk sayuran dan buah-buahan segar telah digunakan dalam industri penanganan pasca panen beberapa tahun belakangan ini. Penggunaan ozon pada buah dan sayur juga tidak mempengaruhi gizi pada buah dan sayur sehingga aman untuk dikonsumsi (Asgar, 2014). Ozonisasi juga dapat menghilangkan residu pestisida pada wortel tanpa merubah gizi dari wortel tersebut (de Souza *et al.* 2017).



Ozon dalam praktek pemanfaatannya dapat dimanfaatkan dalam dua (bentuk). Dalam larutan cair, ozon dapat digunakan untuk desinfektan pengolahan air dan sayuran, dan dalam bentuk gas, ozon membantu membersihkan dan mengawetkan sayuran selama penyimpanan. Multifungsi ozon membuatnya menjadi agensi pada proses pengolahan makanan yang menjanjikan. Namun, jika ozon tidak digunakan dengan benar, hal itu menyebabkan beberapa efek buruk pada produk, seperti penurunan kualitas sensorik (Sarron *et al.*, 2021).

Ada tiga isu penting terkait aplikasi ozon dalam panganan hasil pertanian dalam upaya mengendalikan kerusakan dan sebagai sanitasi terhadap mikroorganisme patogen, yaitu : 1) permintaan sebagian besar konsumen terhadap produk pangan segar dengan standar tinggi dalam kualitas, nilai gizi dan aman bagi manusia, 2) perhatian media dan masyarakat terhadap penggunaan desinfektan dalam produk pangan pada kesehatan manusia dan pengaruh negatif ke lingkungan, 3) regulasi dan rekomendasi terhadap penggunaan ozon untuk membantu proses pengolahan pangan secara aman dan efektif.

Review ini merupakan telaah beberapa hasil penelitian terkait aplikasi teknologi ozon untuk penanganan pangan dan hasil pertanian yang telah dilakukan selama ini. Aplikasi teknologi ozon diharapkan menjadi metode alternatif dalam penanganan produk pangan dan hasil pertanian secara aman, efektif dan efisien.

PEMBAHASAN

Ozon: Proses pembentukan dan Sifat

Ozon dikenal sebagai molekul triatomik yang terdiri atas tiga atom oksigen, berupa gas yang tidak stabil dan diproduksi saat molekul oksigen berdisosiasi menjadi atom oksigen. Sifat sifat fisik ozon, diantaranya : berat molekul 48 gr/mol, densitas (pada 0 °C, 1 atm) 1,666 gr/liter, titik leleh -192,5 °C, suhu kritis -12,1 °C, titik didih -111,9 °C, volume spesifik (pada 0 °C, 1 atm) 0,464 m³/kg, tekanan kritis 5532,3 kPa dan kelarutan ozon dalam air hampir 13 kali lipat kelarutan oksigen dalam air. Pada suhu ruang, ozon berwarna biru dan memiliki bau tajam yang dapat dideteksi oleh hidung manusia pada konsentrasi antara 0,01 – 0,05 ppm. Ozon dapat meledak pada konsentrasi 240 gr/m³ atau 20 persen di udara (Metcalf and Eddy, 2003).

Ozon dibentuk dengan masukan energi tinggi yang memecah molekul oksigen (O₂). Molekul oksigen tunggal (O) secara cepat bergabung dengan O₂ yang tersedia membentuk ozon (O₃) yang sangat reaktif. Secara alami, ozon dapat terbentuk melalui radiasi sinar UV radiasi sinar matahari. Perilaku interaksi ozon dengan sinar UV menjadikan hal terpenting dalam fungsinya sebagai perisai permukaan bumi. Ozon mudah menyerap sinar UV terutama pada rentang 240 – 320 nm. Sinar UV dari radiasi matahari akan menguraikan oksigen (O₂) di udara bebas menjadi dua buah atom oksigen (O)



atau dikenal sebagai proses photolysis. Selanjutnya, atom oksigen tersebut akan bertumbukan dengan molekul gas oksigen yang terdapat di sekitarnya, sehingga membentuk ozon (Chapman, *cit* Haifan, 2017).

Ozon dapat terbentuk melalui dua proses, yaitu proses penyerapan cahaya dan proses tumbukan (Syafarudin dan Novia, 2013). Pembentukan ozon melalui proses penyerapan cahaya, baik gas oksigen (O_2) maupun ozon (O_3) dapat menyerap radiasi sinar UV. Gas oksigen dapat menyerap radiasi sinar UV dengan panjang gelombang kurang dari 240 nm, sedangkan ozon dengan panjang gelombang antara 240 – 290 nm. Gas oksigen yang menyerap radiasi sinar UV dengan panjang gelombang kurang dari 240 nm, sehingga gas oksigen tersebut akan terurai menjadi dua atom oksigen. Atom oksigen hasil reaksi tersebut sangat reaktif yang dapat bereaksi dengan O_2 dan membentuk ozon (O_3). Reaksi ini bersifat eksotermik, akibat dari kedua reaksi tersebut terjadi perubahan tiga molekul oksigen menjadi dua molekul ozon dan konversi radiasi sinar UV menjadi panas. Ozon menyerap radiasi sinar UV dengan panjang gelombang antara 240 – 290 nm, reaksi tersebut menyebabkan ozon mengalami perubahan komposisi menjadi gas oksigen dan atom oksigen. Reaksi ini juga bersifat eksotermik, sehingga mengkonversi radiasi sinar UV menjadi panas (Haifan, 2017).

Pembentukan ozon melalui proses tumbukan dapat dilakukan dengan melewati gas oksigen (O_2) pada daerah yang dikenai tegangan tinggi. Molekul oksigen ini akan mengalami ionisasi, yaitu proses terlepasnya suatu atom atau molekul dari ikatannya menjadi ion-ion oksigen. Selanjutnya molekul-molekul oksigen yang terionisasi ini biasa disebut dengan kondisi plasma akan membentuk ozon (Syafarudin dan Novia, 2013), molekul-molekul oksigen yang terionisasi ini biasa disebut dengan kondisi plasma (Haifan, 2017).

Molekul ozon yang terbentuk bersifat tidak stabil dan akan selalu berusaha melepaskan satu atom oksigen dengan cara oksidasi sehingga dapat berubah menjadi molekul oksigen (O_2) yang stabil. Sifat oksidator yang dimiliki ozon ini kemudian dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi (Suprpto, D. 2021). Secara umum, ozon memiliki dua fungsi utama, yaitu sebagai oksidator dan disinfektan atau gabungan kedua fungsi tersebut. Ozon sebagai zat pengoksidasi yang sangat baik, pada pengolahan air, ozon sangat efektif untuk menghilangkan warna, rasa dan bau yang diakibatkan oleh material organik dan anorganik yang dapat dioksidasi, misalnya ion besi, mangan dan sulfida. Selain itu, ozon dengan kemampuan oksidasinya dapat dimanfaatkan sebagai oksidator kuat untuk mendegradasi fenol (Bismo *et al.*, 2008).

Sebagai oksidator kuat, ozon mampu membunuh bakteri pada hasil pertanian seperti buah dan sayur. Selain itu juga berpotensi sebagai bahan oksidan pada modifikasi pati lokal. Umbi-umbian lokal seperti ganyong, garut, dan gadung memiliki kandungan pati yang cukup tinggi, sehingga berpotensi untuk dijadikan pati termodifikasi. Proses modifikasi tersebut dapat menggunakan ozon sebagai



oksidator, dimana tidak meninggalkan residu pada pati tersebut. (Farizha *et al.*, 2021). Potensi oksidasi yang tinggi pada ozon dapat dimanfaatkan untuk membunuh bakteri (proses sterilisasi), menghilangkan warna (proses *decolorisasi*), menghilangkan bau (proses *deodorisasi*), dan menguraikan senyawa organik (proses *degradasi*) (Haifan, 2017).

Pemanfaatan Ozon sebagai Desinfektan dan Oksidator

Pemanfaatan ozon saat ini sudah mulai dikembangkan pada bahan pangan, antara lain sebagai desinfektan pada hasil pertanian. Aplikasi teknologi ozon pada hasil pertanian mampu menghilangkan kontaminasi pestisida dan menginaktivasi beberapa jenis mikroorganisme dalam fase gas maupun cair. Pemberian gas ozon dengan konsentrasi 1 ppm mampu menurunkan pertumbuhan bakteri *E. Coli* dan *B. Cereus* pada kacang jenis pistachio (Akbas dan Ozdemir, 2006). Pada komoditas beras yang diozonasi dengan konsentrasi 0,4 ppm mampu menurunkan pertumbuhan spora *B. Cereus* yang menyebabkan beras cepat rusak (Shah *et al.*, 2011).

Menurut Evans (1977) dalam Asgar *et al.*, (2011) mekanisme ozon (O₃) dalam membunuh mikroba yaitu ozon melakukan penyerangan pada dinding sel yang kemudian menyebabkan terjadinya lisis pada sel bakteri. Ozon sangat efektif terhadap macam-macam mikroorganisme pada buah buahan dan sayuran, mampu meluruhkan kontaminasi pestisida serta logam berat yang menempel pada permukaan buah atau sayur, sehingga aman dikonsumsi bagi kesehatan (Asgar, 2014). Hal tersebut didukung oleh pendapat Shah *et al.*, (2011) yang menyatakan bahwa pada mekanisme pertama, ozon mengoksidasi kelompok sulfhidril dan asam amino dari enzim, peptida dan protein menjadi peptida yang lebih pendek. Mekanisme kedua ozon mengoksidasi asam lemak tak jenuh yang menyebabkan gangguan sel dan selanjutnya terjadi kebocoran isi seluler atau terjadinya lisis.

Fungsi utama ozon adalah sebagai pengoksidasi dan desinfektan yang sangat kuat, efektif dan aman. Aplikasi teknologi ozon pada penanganan hasil pertanian mampu meluruhkan kontaminasi pestisida, bakteri dan logam berat yang menempel pada permukaan/ kulit sayuran dan buah-buahan, sehingga aman dikonsumsi bagi kesehatan manusia (Hakan and Sedat, 2007). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa ozon merupakan zat desinfektan yang kuat, hanya dengan konsentrasi yang rendah dari ozon (kurang dari 0,5 mg/liter) sudah dapat membunuh mikroorganisme dalam air, bahkan ozon juga dapat mensterilkan air. Konsentrasi ozon yang biasa digunakan untuk proses desinfeksi air ialah 0,5 – 0,4 mg/l. Konsentrasi ozon sebesar 0,02 mg/l dapat bersifat racun bagi *Eschericia coli* dan *Streptococcus faecalis*. Ozon akan bereaksi dengan protoplasma sel dengan berperan sebagai oksidator (Asgar, 2014).

Menurut Karaca *et al.* (2014), penanganan ozonisasi dalam air dan gas secara efektif menginaktivasi inokulasi mikroorganisme seperti *E.coli* dan *L. innocua* yang merupakan patogen berbahaya bagi sayuran potong segar. Dengan pemberian 12,5 mg/L air ozonisasi selama 15 menit pada



suhu 50 °C, terbukti menginaktivasi bakteri patogen berbahaya tersebut. Ditambahkan oleh Zainuri *et al.* (2018), bahwa pada kombinasi perlakuan ozon dan pengemasan secara efektif mengurangi kontaminasi *E. Coli* pada buah tomat. Pencucian dengan ozon pada buah stroberi selama 5 menit (konsentrasi maksimum 3.5 mg/L) terbukti menurunkan kerusakan karena jamur dan kehilangan kadar air selama penyimpanan dingin tanpa mempengaruhi parameter mekanis pada stroberi (Contigiani *et al.* 2018).

Hasil penelitian Garcia *et al.* (2003), mendapatkan bahwa pada konsentrasi ozon sebesar 0,5 mg/L mampu membunuh mikroba yang menempel pada sayuran dan buah-buahan. Ozon merupakan oksidator kuat dan berpotensi sebagai bahan desinfektan yang mampu membunuh mikroba patogen seperti bakteri, virus, jamur (Asgar, 2014), meminimalisir adanya logam berat dan residu antibiotik pada produk pangan (Haifan, 2017). Ozon banyak dimanfaatkan untuk membunuh algae dan mengoksidasi bahan organik sehingga dapat menghilangkan rasa, bau dan warna yang tidak diinginkan akibat reaksi bahan organik di alam. Ozon dapat mengoksidasi besi dan mangan, menguraikan sulfid, menguraikan surfaktan dan menghilangkan kekeruhan. Ozon lebih kuat dalam menginaktivasi virus dibandingkan dengan klorin (Rusdi dan Suliasih, 2002). Proses pencucian dengan air ozon pada buah anggur merah, sawi putih dan caisim mampu menghilangkan bakteri hingga 46% (Prasetyaningrum *et al.*, 2016).

Ozon juga mampu menurunkan kadar logam Hg pada produk hasil pertanian, setelah pencucian dengan konsentrasi ozon 1,5 ppm. Hal ini disebabkan oleh ozon yang larut dalam air menghasilkan bakteri (sterilisasi), menghilangkan warna (dekolorisasi), menghilangkan bau (deodorasi), dan menguraikan senyawa organik (degradasi) (Asgar, 2014).

Pemanfaatan ozon lainnya yaitu sebagai oksidan kuat dalam memodifikasi produk tepung atau pati. Pada industri pangan, pati hasil modifikasi akan memiliki sifat viskositas yang rendah sehingga dapat diaplikasikan dalam produk krim salad, mayonaise, dan lemon curd. Modifikasi pati dengan ozon termasuk metode modifikasi pati secara kimia yang ramah lingkungan karena tidak meninggalkan residu (Catal, 2015). Proses oksidasi pati menggunakan ozon (O₃) bertujuan memberikan viskositas yang lebih rendah, sifat pengikatan yang lebih baik dan stabilitas, menghindari retrogradasi dan kecenderungan gel untuk properti memasak yang lebih baik dan kemampuan penyimpanan produk makanan (Goze *et al.*, 2016). Modifikasi secara kimia dapat mengakibatkan perubahan struktur dan pati memiliki gugus fungsional baru, yang akan mempengaruhi sifat fisikokimia dari pati. Proses oksidasi pada pati menyebabkan terjadinya depolimerasi dan terbentuknya gugus fungsional karboksil dan karbonil. Ozon sebagai zat pengoksidasi mampu mengoksidasi gugus-gugus hidroksil pada posisi C-2, C-3, dan C-6 menjadi gugus karboksil dan karbonil. Pada tahap selanjutnya oksidasi akan mendepolemerisasi molekul-molekul pati sehingga memecah ikatan α , 1-4 glikosidik. Ozonisasi pernah



diterapkan pada pati jagung, sagu dan tapioka dengan hasil meningkatnya gugus karboksil karbonil, daya kembang dan kelarutan meningkat (Chan *et al.*, 2009).

Ozon terlarut (1,4 mg/l) efektif untuk mengoksidasi 60–90% metil paration, sipermetrin, paration dan diazinon, dalam larutan air selama 30 menit dan degradasi sebagian besar selesai pada 5 menit pertama. Ozon paling efektif untuk memisahkan sipermetrin (> 60%), dimana efisiensi pemisahan bergantung pada tingkat ozon terlarut pada suhu. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa ozonisasi merupakan proses yang aman dan menjanjikan untuk memisahkan residu pestisida yang diuji dan permukaan sayuran pada tingkat terbatas (Asgar, 2014).

Teknologi ozon pada industri pangan diyakini lebih efektif dalam spektrum yang lebih luas dalam penanganan mikroorganisme dibandingkan klorin dan disinfektan lain. Ozonisasi juga tidak meninggalkan residu kimia dan terdegradasi oleh molekul oksigen secara alami sehingga sangat ramah lingkungan (Aafia *et al.* 2018).

Pemanfaatan Ozon untuk Mempertahankan Kesegaran dan Masa Simpan Hasil Pertanian

Ozon dalam praktek pemanfaatannya dapat dimanfaatkan dalam dua (2) bentuk, dalam larutan cair, air yang telah mengandung ozon dapat mencuci buah dan sayur agar steril. Dan dalam bentuk gas, ozon membantu membersihkan dan mengawetkan sayuran selama penyimpanan.

Perlakuan ozonisasi pada berbagai produk buah dan sayuran telah banyak dilakukan dan menunjukkan adanya perbaikan kualitas. Perlakuan ozonisasi terhadap buah tomat terbukti dapat memperpanjang umur kesegaran tomat selama 12 hari pada suhu ruang dan mencapai 3 minggu pada penyimpanan dingin. (Asgar, 2014 ; Tzortzakis *et al.* 2007; Zainuri *et al.* 2018). Aplikasi ozon dalam air (0,8 mg/L selama 30 detik) sebelum pengemasan menurunkan dampak penguningan (*yellowing*) dan mempertahankan karakteristik kesegaran serta memperpanjang umur simpan dari bayam potong selama 3 hari (Papachristodoulou *et al.* 2018). Menurut Qin *et al.* (2018), teknologi ozonisasi bisa memperpanjang umur simpan untuk buah dan sayur 7 hari sampai lebih apabila diberikan pada kemasan buah dan sayur selama 2 menit.

de Souza *et al.* (2018), menyatakan bahwa pemberian 5 mg/L untuk gas ozon dan 10 mg/L ozon yang terlarut dalam air selama 60 menit, terbukti memperpanjang umur simpan wortel selama 5 hari. Hasil penelitian pada cabai merah varietas Kencana menunjukkan bahwa selama penyimpanan 14 hari, warna, kesegaran, dan kenampakan dengan perlakuan suhu penyimpanan 10°C dan konsentrasi ozon 1 ppm (Asgar *et al.* 2015). Hasil penelitin Toti *et al.* (2018), pemberian ozon dalam bentuk gas (0,15 – 0,30 ppm) dalam 1 hari selama penyimpanan 60 °C (RH 90%) pada blewah (*cantaloupe melon*) mampu memperpanjang umur simpan tanpa memberikan efek negatif pada parameter kualitas. Menurut Asgar *et al.* (2011), perlakuan ozon 1,5 ppm pada sayuran kubis bunga menghasilkan kesegaran yang lebih baik dibandingkan dengan tanpa penanganan ozon. Penelitian lainnya telah dilakukan oleh



Widayanti *et al* (2020) menunjukkan bahwa perendaman nenas dalam larutan ozon 0,5 -1 ppm selama 30 menit dapat memertahankan kesegaran buah nenas hingga 20 hari pada suhu 20°C. Ini berarti 10 hari lebih lama dibandingkan nenas tanpa perlakuan ozon. Menurut Asgar, (2014), perlakuan air berozon dengan konsentrasi 0,4 µl/l dapat memperbaiki kualitas dan memperpanjang umur simpan brokoli dan mentimun pada suhu penyimpanan 3°C.

Perlakuan air berozon sangat efektif dalam menurunkan populasi mikroba, sehingga dapat meningkatkan umur simpan sayuran seledri potong dan lectus (Garcia *et al.*, 2003) . Pada konsentrasi ozon 0,4 ml/l dapat memperpanjang masa simpan sayuran brokoli dan mentimun pada suhu penyimpanan 3 °C (Skog and Chu, 2001). Perlakuan ozon pada penyimpanan blackberries dapat menekan pertumbuhan jamur selama 12 hari, dimana 20 persen buah pada kontrol (tanpa perlakuan ozon) terjadi kerusakan/ busuk (Bart *et al.*, 2003). Air yang mengandung ozon dapat mencuci sayuran dan buah-buahan hingga steril, tanpa menghilangkan warna, aroma, juga tidak memberikan efek pada kerusakan senyawa penting yang dikandung dalam sayuran dan buah buahan. Dengan demikian, didapatkan sayuran dan buah-buahan yang aman untuk dikonsumsi dan masih mengandung nilai gizi, dapat mempertahankan kesegaran dan dapat memperpanjang umur simpannya (Sugiarto, 2007). Perlakuan pencucian dengan menggunakan air ozon, mampu menghambat perubahan kualitas fisik dan memperpanjang umur simpan brokoli. Meskipun demikian, efektivitas perlakuan ozon tersebut akan optimal apabila dikombinasikan dengan perlakuan penyimpanan suhu dingin. Pada suhu ruang, perlakuan ozon mampu mempertahankan warna, aroma, tekstur, serta kesegaran brokoli hingga 4 hari. Sedangkan pada suhu dingin, secara umum perubahan kualitas pada brokoli dapat ditekan hingga 8 hari (Ambarsari *et al.*, 2020).

Pemanfaatan Ozon untuk Mempertahankan Kualitas Hasil Pertanian

Perlakuan air berozon yang dilakukan pada penyimpanan sayuran dan buah-buahan tidak merusak kandungan gizinya, karena kandungan ozon sendiri akan hilang dan terurai menjadi molekul oksigen kembali, sehingga tidak meninggalkan residu pada bahan pangan . Pengawetan sayuran dan buah-buahan dengan ozon tidak mengubah/ merusak kandungan gizinya, karena kandungan ozon itu sendiri akan hilang dengan cara penguapan. Ozon juga akan mengurai kembali menjadi molekul oksigen, jika terkena sinar matahari (Hakan and Sedat, 2007; Asgar, 2014).

Pada penyimpanan buah kesemek, konsentrasi ozon 0,15 ppm dapat menjaga kekerasan buah kesemek setelah disimpan selama 30 hari pada suhu 15 °C dan RH 90%. Selain itu, perlakuan ozon pada kesemek tidak didapatkan luka phytotoxic dalam jaringan (Salvador *et al.*, 1999). Perlakuan dengan ozon ternyata tidak berpengaruh terhadap kandungan vitamin C. Hal ini ditunjukkan perlakuan ozon pada buah stroberi, setelah penyimpanan 4 hari pada suhu 20 °C menunjukkan kandungan vitamin C meningkat tiga kali dari kontrol (tanpa perlakuan ozon). Kondisi ini diduga adanya pengaruh suhu



pada laju respirasi, yaitu semakin rendah suhu penyimpanan, maka semakin lambat laju respirasi dan sedikit vitamin C yang terurai (Perez *et al.*, 1999).

Perlakuan ozon pada sayuran kubis bunga didapatkan perlakuan yang terbaik pada kubis bunga pada konsentrasi ozon 1,5 ppm pada penyimpanan suhu dingin (Asgar *et al.*, 2011). Perlakuan air berozon yang dilakukan pada penyimpanan sayuran dan buah-buahan tidak merusak kandungan gizinya, karena kandungan ozon sendiri akan hilang dengan cara penguapan. Menurut de Souza *et al.* (2018), pemberian ozon dalam bentuk gas dan terlarut dalam air terbukti tidak merubah karakteristik dari wortel seperti persentase bobot, kerenyahan dan warna. Sterilisasi berbasis ozon terbukti mampu mengurangi jumlah bakteri yang ada pada buah pir dan tampilan fisik buah yang lebih segar sehingga bisa menjaga kualitas buah pir pasca panen (Wulandari *et al.*, 2022).

KESIMPULAN

Dari telaah beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan terkait penggunaan ozon pada penanganan produk hasil pertanian selama proses pascapanen menunjukkan hasil yang baik. Fungsi ozon sebagai pengoksidasi dan disinfektan mampu mengurangi pertumbuhan mikroorganisme yang menyebabkan kerusakan pada buah dan sayur, dan sebagai bahan pengoksidasi pada proses oksidasi produk hasil pertanian, sehingga dapat mempertahankan kualitas fisik dan memperpanjang umur simpannya. Selain itu, penggunaan ozon untuk penanganan produk hasil pertanian sangat efektif dan aman. Dengan demikian, teknologi ozon dapat direkomendasikan sebagai teknologi yang sesuai untuk penanganan produk hasil pertanian, sehingga akan mengurangi kehilangan (losses) dan kualitas selama proses pascapanen.

DAFTAR PUSTAKA

- Aafia S, Rouf A, Kanojia V, and Q Ayaz Q. 2018. Ozone Treatment in Prolongation of Shelf Life of Temperate and Tropical Fruits. *Int. J. Pure App. Biosci.* 6(2): 298-303.
- Akbas, M. Y., and M. Ozdemir. 2006. Effectiveness of ozone for inactivation of *Escherichia coli* and *Bacillus cereus* in pistachios. *Journal of Food Science and Technology*, 41(5): 513-519.
- Ambarsari I, Oktaningrum GN, dan A. Hermawan. 2020. "Efektivitas Perlakuan Ozon Dan Suhu Penyimpanan Dalam Mempertahankan Kualitas Brokoli." *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pertanian "Kesiapan Sumber Daya Pertanian Dan Inovasi Spesifik Lokasi Memasuki Era Industri 4.0.* BPTP Jawa Tengah. Badan Litbang Pertanian.
- Asgar A, Sugiarto AT, Sumartini dan DAriani. 2011. Kajian Ozonisasi (O₃) Terhadap Karakteristik Kubis Bunga (*Brassica oleracea* var *Botrytis*) Segar Selama Penyimpanan Pada Suhu Dingin, *Berita Biologi*, Vol. 10, No.6.
- Asgar, A. 2014. *Iptek hortikultura : Teknologi ozonisasi untuk mencuci sayuran.* Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Lembang



- Asgar A, Darkam M, Dony AS dan Zahirotul H Hassan. 2015. Teknologi Ozonisasi Untuk Mempertahankan Kesegaran Cabai Cultivar Kencana Selama Penyimpanan. *J. Pen. Pascapanen Pert*, Vol. 12 No. 1.
- Barth, MM, Zhou C, Mercier, J and FA Payne. 2006. Ozon Storage Effects on Anthocyanin Content and Fungal Growth in Balckberrises, *J. Food Sci*, Vol. 60, no. 6, pp. 1286-1288.
- Bismo, S, Kustiningsih I, Jayanudin, Haryanto F dan HJ Saptono. 2008. Studi Awal Degradasi Fenol Dengan Teknik Ozonisasi Di dalam Reaktor Annular, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Castanha N, MD Junior and PED Augusto. 2017. Potato starch modification using the ozone technology. *Food Hydrocolloids*, 66 (1) : 343–356.
- Çatal, H. 2015. Effects of Semicontinuous and Batch System Ozonation on Wheat and Corn Starches. *J. of the International Ozone Association*, 37(1): 71-77.
- Cavalcante, D.A., B.R.C.L. Junior, A.A.L. Tribst, and M. Cristianini. 2013. Improvement of the raw milk microbiological quality by ozone treatment. *International Food Research Journal* 20(4): 2017-2021.
- Chan, HT, Bhat R, and A.A. Karim. 2009. Physicochemical and functional properties of ozoneoxidized starch. *J. Of Agricultural and Food Chemistry*, 57(13) : 5965–5970.
- Contigiani EV, Jaramillo-Sanchez G. Castro MA, Gomez PL, and SM Alzamora. 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.
- Cullen PJ, BK Tiwari., CD O'Donnell, and K. Muthukumarappan. 2009. Modelling approaches to ozone processing of liquid foods. *Trends in Food Science dan Technology*, 20(3): 125-136.
- Dalmazio, I., O. Mariana, Almeida, and R. Augusti. 2007. Monitoring the degradation of tetracycline by ozone in aqueous medium via atmospheric pressure ionization mass spectrometry. *American Society for Mass Spectrometry. Elsevier Inc.* 07: 1044-0305.
- de Souza, L.P., Faroni, L.R.D., Heleno, F.F., Cecon, P.R., Gonçalves, T.D.C., da Silva, G.J., Prates, L.H.F., 2018. Effects of ozone treatment on postharvest carrot quality. *LWT - Food Sci. Technol.* 90, 53–60.
- Evans FL. 1977. *Ozon in Water and Waste Water Treatment*. 99 Fourth Edition, Ann Arbour Science Publishing Corporation, London.
- Farizha KM, Legowo AM, dan Y Pratama. 2021. Artikel Review: Aplikasi Teknologi Ozon Pada Bahan Pangan. *Jurnal Teknologi Pangan* 5(1) 27-29
- Garcia A, Mount JR and PM. Davitson. 2003. Ozon and Chlorine Treatment of Minimally Processed Lettuce. *Food Science*, Vol. 68, no.9.
- Goze P, Rhazi L, Lakhall L, Jacolot P, Pauss A, and T. Aussenac. 2017. Effects of ozone treatment on the molecular properties of wheat grain proteins. *Journal of Cereal Science*, 75: 243-251.



- Haifan, M. 2017. Review kajian aplikasi teknologi ozon untuk penanganan buah, sayuran dan hasil perikanan. *Jurnal IPTEK*. 1(1): 15-21.
- Hakan K, dan VY Sedat. 2007. Ozon Application in Fruit and vegetable Processing. *Food Review International*, Vol. 23, No.1.
- Karaca H, and YS Velioglu. 2014. Effects of Ozone Treatments on Microbial Quality And Some Chemical Properties of Lettuce, Spinach, And Parsley. *Postharvest Biology and Technology*, p. 46 – 53.
- Lovato, M.E., Martín, C.A., Cassano, A.E. 2009. A reaction kinetic model for ozone decomposition in aqueous media valid for neutral and acidic pH. *Chemical Engineering Journal*, 146(3), 486–497.
- Metcalf and Eddy, I. 2003. *Waswater Engineering Treatment and Reuse*. 4 ed, New York, Mc Graw Hill, USA.
- Ozone solutions. 2022. How an ozone generator works. www.ozonesolutions.com. Diakses pada 22 Desember 2022 .
- Papachristodoulou M, Koukounaras A, Siomos AS, Liakou A, and D Gerasopoulus. 2018. The Effects of Ozonated Water on The Microbial Counts and The Shelf Life Attributes of Fresh-Cut Spinach. *Journal Food Processing and Preservation*, p.42.
- Pangidoan, S, dan S. Mariana. 2020. Peran Teknologi Ozonisasi Dalam Mempertahankan Kesegaran dan Memperpanjang Masa Simpan Buah Nenas (Ananas Comosus (L) Merr .) : Review. *Balai Besar Litbang Pascapanen Pertanian*, 4(1), 76–88.
- Perez, AG, Sanz, C, Rios, JJ, Olias, R and JM. Olias. 1999. The Effect of Ozon Treatments on The Postharvest Quality of Strawberry, *J. Agri and Food Chem*, Vol. 47, no 4, pp 1652-1656.
- Prasetyaningrum A, Bramantiya M, Meidianto A, Saputra P, Qonita FD, dan NS Ardiana. 2017. Prototype Penyimpanan Buah dan Sayur Menggunakan Ozon dan Metode Evaporative Cooling sebagai Sistem Pendingin. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 6 (1) 2017. *Indonesian Food Technologists* <https://doi.org/10.17728/jatp.213>
- Qin S, Cheng L, Selorm AL, and F Yuan. 2018. An Overview of Ozone Research. *Journal of Advanced Oxidation Technologies*, p. 21(1).
- Rusdi UD., dan N. Suliasih. 2002. Ozonisasi dan kualitas air susu. *Jurnal Bionatura*. 4(2): 96-107.
- Salvador A, Abad I, Arnal, L and JMM Javega. 1999. Effect of Ozon on Postharvest Quality of Persimmon, *J. Food Sci*, Vol. 71, No.6.
- Sarron, E. Gadonna-Widehem, P. and T. Aussenac. 2021. Ozone Treatments for Preserving Fresh Vegetables Quality: A Critical Review. *Foods* 2021, 10, 605. <https://doi.org/10.3390/foods10030605>
- Shah NNAK, Rahman RA., Chuan LT, and DM Hashim. 2011. Application of gaseous ozone to inactivate *Bacillus cereus* in processed rice. *Journal of Food Process Engineering*, 34(6): 2220-2232.



- Skog JL and CL. Chu. 2001. Effect of Ozon on Quality of Fruits and Vegetables in Cold Storage, *Can. J Plant Sci.*, Vol.81.
- Sugiarto, TA. 2007. Mengatasi Limbah Tanpa Masalah : Penerapan Teknologi Plasma Untuk Lingkungan, Tangerang : Eco Plasma Indonesia.
- Suprpto, D. 2021. Evaluasi pemanfaatan ozon untuk menekan aktivitas mikroba dan residu antibiotik golongan penisilin pada susu segar. Disertasi. Program Pascasarjana, Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya. Malang. 161 halaman.
- Syafarudin A, dan N Novia. 2013. Produksi Ozon Dengan Bahan Baku Oksigen Menggunakan Alat Ozon Generator. *Jurnal Teknik Kimia* No 2 Vol. 19,
- Toti M, Carboni C, and R Botondi. 2018. Postharvest Gaseous Ozone Treatment Enhances Quality Parameters and Delays Softening in Cantaloupe Melon During Storage at 6°C. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- Tzortzakakis N, A Borland, I Singleton, and J Barnes. 2007. Impact of atmospheric ozone enrichment on quality-related attributes of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 2007;45(3):317-325.
- Widayanti SM, Iriani ES, dan C Winarti. 2020. Pengaruh Perlakuan Ozon terhadap Umur Simpan buah Nenas (*Ananas comosus* L.). *Prosiding Seminar Nasional Pascapanen* Vol 1.
- Winarsih C dan Miskiyah. 2010. Status Kontaminan Pada Sayuran dan Upaya Pengendaliannya di Indonesia. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 3 (3).
- Wulandari SA, Rosyady AF, Januarta BD, Prayoga B, Abi JK dan Asmiranti. 2022. Inovasi Sterilisasi Ozon Buah Pir Pasca Panen. *Journal of Food Engineering* | E-ISSN. 2810-0824 Vol. 1 No. 3 Juli 2022. Hal. 101-109.
- Zainuri, Z., Jayaputra, J., Sauqi, A., Sjah, T., & RY. Desiana. 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, 012027. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/102/1/012027>