

Review Kajian Aplikasi Teknologi Ozon untuk Penanganan Buah, Sayuran dan Hasil Perikanan

(Review Study of Ozone Technology Applications for Handling Fruits, Vegetables and Fishery Products)

Mohamad Haifan ¹⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Mesin Otomotif, Institut Teknologi Indonesia, Jl Raya Puspiptek, Serpong, Kota Tangerang Selatan 15320

Abstrak

Produk pangan dan hasil pertanian bersifat mudah rusak (perishable), sehingga dapat mengakibatkan susut (losses), baik kualitas maupun kuantitasnya selama proses pascapanen. Sebagai upaya menurunkan susut (losses) selama pascapanen, 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 dekolorisasi), 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. Sejak saat itulah, teknologi ozon banyak digunakan untuk mengurangi kontaminasi dan memperpanjang masa simpan buah, sayuran dan hasil perikanan segar. Pada tulisan ini akan ditelaah dan dikaji beberapa hasil penelitian terkait penggunaan ozon untuk penanganan buah, sayuran dan hasil perikanan segar selama proses pascapanen.

Kata Kunci : Susut , Pascapanen, Teknologi Ozon

Abstract

Food products and agricultural products are perishable, which can lead to losses, both quality and quantity during the postharvest process. In an effort to lower losses during the postharvest, it is necessary to the application of appropriate technologies). Ozone technology applications in the handling of fruit, vegetables and fishery products have good prospects because of the perceived safe and effective. Ozone (O₃) has a primary function, namely as an oxidant and disinfectant or a combination of both of these functions. High oxidation potential, ozone can be used to kill bacteria (sterilization), eliminating color (process decolorization), deodorizing (deodorization process), and decompose organic compounds (degradation process). Ozon water treatment performed on the storage of fruit, vegetables and fishery products do not damage the nutritional content, because the content of ozone itself will be lost by evaporation. If ozone exposure to sunlight will break down into oxygen compounds back. Since that time, ozone technology is widely used to reduce contamination and extend the shelf life of fruits, vegetables and fresh fishery products. In this paper will be analyzed and reviewed several studies related to the use of ozone for the treatment of fruit, vegetables and fresh fishery products during the postharvest process.

Keyword : Losses, Postharvest, Ozone Technology

*Penulis Korespondensi. Tepl: +62 21 7561092; fax: +62 21 7560542
Alamat E-mail : haifanmohamad1963@gmail.com, haifan63@yahoo.com

1. Pendahuluan

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.

Ozon (O_3) merupakan oksidan yang kuat dan berpotensi sebagai bahan desinfektan yang mampu membunuh mikroorganisme patogen seperti bakteri, virus dan jamur. Saat ini pemanfaatan ozon telah diaplikasikan di berbagai bidang/ sektor, diantaranya pengolahan air minum, desinfeksi air minum dalam kemasan, desinfeksi untuk pengolahan limbah cair, sterilisasi peralatan kedokteran, pengelantangan pada pabrik tekstil, sterilisasi bahan pangan mentah dan pengawetan bahan makanan [1]. Hal ini disebabkan ozon adalah oksidator kuat dengan potensial oksidasi 2,07 volt dan dapat menghasilkan radikal hidroksida dengan potensial oksidasi 2,7 volt.

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa hanya dengan konsentrasi yang rendah (kurang dari 0,5 mg/liter) sudah dapat membunuh mikroorganisme dalam air. Pada konsentrasi ozon sebesar 0,02 mg/liter dapat membunuh mikroorganisme *Eschericia coli* dan *Streptococcus faecalis* dalam air [2].

Pada proses desinfeksi ozon bereaksi dan membunuh mikroorganisme serta tidak menghasilkan residu kimia. Tetapi jika zat yang akan disterilkan mengandung bahan kimia yang mudah bereaksi dengan ozon atau radikal hidroksida, maka dapat menghasilkan senyawa kimia yang mungkin saja berbahaya. Oleh sebab itu, konsentrasi (C) dan lama proses (t) ozonisasi sangat diperhatikan. Dengan demikian, sering dikatakan bahwa ozon sebagai kimia hijau masa depan [3]. Pemanfaatan ozon pada konsentrasi rendah antara 0,01 ppm – 4,00 ppm aman diaplikasikan pada bidang pertanian, bidang kesehatan, bidang lingkungan dan bidang industri.

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. Aplikasi ozon untuk sayuran dan buah-buahan segar telah digunakan dalam industri penanganan pasca panen beberapa tahun belakangan ini. Sebagai regulasi, perlakuan ozonisasi pada produk pangan segar dikaitkan dengan penanganan dan penerapan yang harus dilakukan secara konsisten sesuai dengan praktek

pengolahan yang baik (*Good Manufacturing Practices/GMP*) dalam industri pangan. Pada standar GMP, pemanfaatan ozon dengan konsentrasi dan waktu paparan yang memadai untuk penanganan bahan pangan telah terbukti mampu menyelesaikan sesuai dengan tujuan penanganan bahan yang dimaksud.

Ada tiga isu penting terkait aplikasi ozon dalam pascapanen untuk 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 *chlorine* 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.

Pada tulisan ini dilakukan telaah atau kajian dan mendiskusikan 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.

2. Sifat-sifat Ozon (O_3)

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 hamper 13 kali lipat kelarutan oksigen dalam air [4]. 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 [4]. 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.

Secara umum, ozon memiliki dua fungsi utama, yaitu sebagai oksidator dan desinfektan 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 [5]. Pencucian dengan konsentrasi ozon sebesar 1,5 ppm terjadi penurunan kandungan logam berat Hg lebih besar dari pada pencucian dengan konsentrasi ozon 0 ppm. Hal ini disebabkan oleh ozon yang larut dalam air menghasilkan hidroksil radikal ($^{\circ}\text{OH}$), adalah radikal bebas yang mempunyai potensial oksidasi sangat kuat (2,7 volt). Hidroksil radikal merupakan bahan oksidator yang dapat mengoksidasi berbagai senyawa organik, seperti fenol, pestisida, antrazine, TNT dan sebagainya [6].

Ozon juga sebagai disinfektan yang paling efisien dalam pengolahan air minum, karena dapat menginaktivasi beberapa jenis mikroorganisme, seperti protozoa yang sulit diaktivasi oleh disinfektan lainnya. Dibandingkan dengan disinfektan konvensional, seperti klorin (klorin) atau kaporit, ozon mempunyai beberapa kelebihan. Pada penggunaan klorin menimbulkan bau yang tajam dan juga dapat menimbulkan efek samping berupa terbentuknya senyawa *trihalomethan* (THMs) yang bersifat karsinogenik. Sementara itu, ozon selain tidak menimbulkan bau, juga dapat membuat air menjadi lebih segar [7]. Selain itu, ozon sebagai disinfektan dapat membunuh mikroorganisme 3.250 kali lebih cepat dan 150 persen lebih kuat tenaga oksidatifnya dibandingkan dengan klorin [3]. Efektivitas ozon sebagai disinfektan dan oksidan dapat ditingkatkan dengan membuat rasio luas permukaan terhadap volume yang lebih besar, yaitu dengan membangkitkan gelembung dengan ukuran yang lebih kecil [8]. 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).

Ozon merupakan senyawa yang mempunyai sifat kelarutan dalam air 13 kali lebih kuat dari pada kelarutan oksigen dalam air yang ditandai dengan terbentuknya gelembung dalam air. Peristiwa larutnya ozon dalam air didorong oleh adanya perbedaan konsentrasi antara ozon terlarut actual dengan konsentrasi ozon jenuh pada suhu percobaan.

Ozon tidak dapat disimpan ataupun ditransportasikan secara khusus, karena waktu tinggal ozon yang sangat singkat sekitar 4 – 6 menit, sehingga mengakibatkan ozon dengan cepat terdekomposisi kembali menjadi molekul oksigen. Waktu tinggal ozon dalam air sangat tergantung pada suhu, pH dan tekanan. Untuk itu, ozon harus diproduksi secara *in-situ*, yaitu mendekati instalasi pemanfaatannya [5].

3. Pembentukan Ozon

Ozon dibentuk dengan masukan energi tinggi yang memecah molekul oksigen (O_2). Molekul oksigen tunggal (O) secara cepat bergabung dengan O_2 yang tersedia membentuk ozon (O_3) 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 (O_2) 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 (O_3) [9].

Ozon dapat terbentuk melalui dua proses, yaitu proses penyerapan cahaya dan proses tumbukan. 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.

Pembentukan ozon melalui proses tumbukan dapat dilakukan dengan melewatkan 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. Molekul-molekul oksigen yang terionisasi ini biasa disebut dengan kondisi plasma [10].

4. Ozon Generator

Ozon dapat diproduksi dengan menggunakan metode lucutan senyap, yaitu dengan cara melewatkan udara (20% nya adalah oksigen) melalui celah sempit dengan beda

tegangan listrik bolak-balik (AC) orde kilo-volt. Maksud pembuatan ozon dengan metode lucutan terhalang elektrik adalah untuk mendapatkan ozon berkonsentrasi rendah antara 0,01 ppm sampai 4,00 ppm yang dapat diterapkan pada bidang pertanian, bidang kesehatan, bidang lingkungan dan bidang industri [11].

Molekul ozon yang terbentuk pada ozon generator relative tidak stabil, karena disamping keberadaan tiga atom oksigen menjadi satu molekul ozon yang berjejal, juga karena adanya hamburan muatan elektronik dari masing-masing antar atom oksigen pada molekul ozon tersebut. Umur paruh ozon di dalam air sekitar 20 menit dan di udara sekitar 16 jam [11].

5. Aplikasi Ozon Pada Penanganan Buah, Sayuran dan Hasil Perikanan

Buah dan Sayuran

Pada kegiatan pemeliharaan tanaman sayuran dan buah-buahan di kebun, petani biasanya menggunakan pestisida yang digunakan untuk mengendalikan dan membunuh hama penyakit yang menyerang tanaman. Pestisida yang dimaksud adalah merupakan substansi bahan kimia, berupa mikroorganisme, virus dan sebagainya, yang tujuan penggunaannya adalah untuk mengendalikan dan membunuh hama dan penyakit tanaman [12]. Pada sayuran, biasanya ditemukan residu pestisida yang dominan golongan organoklorin, selanjutnya diikuti dengan golongan organofosfat dan karbonat untuk semua jenis sayuran yang diamati, baik di tingkat petani, pedagang dan pasar swalayan [12], [13].

Penggunaan pestisida, di satu sisi dianggap menguntungkan karena mampu menekan kehilangan hasil pertanian setelah panen, namun di sisi lain dapat mengganggu kesehatan manusia saat dikonsumsi akibat residu pestisida yang menempel pada sayuran dan buah-buahan. Untuk itu perlu teknologi penanganan hasil sayuran dan buah-buahan yang aman, efektif dan efisien. Kontaminasi logam berat pada sayuran hasil panen bervariasi, hal ini tergantung pada jenis sayuran dan logam beratnya. Kandungan logam berat jenis Pb dan Cd yang melebihi ambang Batas Minimum Residu (BMR) ditemukan pada sayuran kubis, tomat dan wortel, sedangkan pada cabai merah dan selada tidak terdeteksi [13]. Beberapa jenis sayuran yang diteliti positif mengandung residu pestisida meskipun kadarnya masih di bawah ambang batas yang diijinkan [11]. Hasil panen sayuran yang berasal dari petani maupun di pasaran mengandung mikroba di atas ambang batas yang direkomendasikan oleh Kementerian Pertanian RI. Jenis mikroba yang banyak ditemukan, diantaranya bakteri koliform, koliform fekal, *E.*

Coli, *Salmonella*, *Shigella* dan *Staphylococcus* [13]. Hal ini dapat berpengaruh terhadap kualitas produk makanan yang menggunakan bahan baku sayuran, seperti kethoprak, gado-gado, pecel dan sebagainya.

Fungsi utama ozon adalah sebagai pengoksidasi dan disinfektan 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 [14].

Mekanisme kerja ozon dalam membunuh mikroba yang menempel pada permukaan/ kulit sayuran dan buah-buahan, yaitu ozon melakukan penyerangan pada dinding sel mengarah pada perubahan dalam permeabilitas sel yang dapat menyebabkan terjadinya *lysis* pada sel bakteri [2]. 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 [14]. 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 [15].

Pada penelitian fungsi ozon sebagai pengoksidasi yang kuat, konsentrasi ozon terlarut sebesar 1,4 mg/l mampu secara efektif mengoksidasi sebanyak 60-90 persen metil paration, sipermetrin, paration, diazinon dalam larutan air selama 30 menit dan perusakan/ degradasi selesai pada waktu 5 menit pertama. Selain itu, ozon paling efektif untuk mendegradasi sipermetrin lebih dari 60 persen, efektivitas degradasinya tergantung konsentrasi ozon terlarut dan suhu larutan. Dengan demikian, proses ozonisasi merupakan proses yang efektif dan aman untuk memisahkan dan mendegrasi residu pestisida yang diujikan pada sayuran pada tingkat terbatas (*minimally processed*) [16].

Fungsi ozon sebagai disinfektan ditunjukkan dari beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan. Penggunaan konsentrasi ozon kurang dari 0,5 mg/liter sudah mampu membunuh mikroorganisme yang menempel pada sayuran dan buah-buahan. Konsentrasi ozon yang biasa digunakan untuk proses sterilisasi antara 0,5-0,8 mg/liter [16]. Demikian juga, perlakuan air berozon sangat efektif dalam menurunkan

populasi mikroba, sehingga dapat meningkatkan umur simpan sayuran seledri potong dan letus [16]. Pada konsentrasi ozon 0,4 ml/l dapat memperpanjang masa simpan sayuran brokoli dan mentimun pada suhu penyimpanan 3 °C [17]. Perlakuan ozon pada penyimpanan *blackberries* dapat menekan pertumbuhan jamur selama 12 hari, dimana 20 persen buah pada kontrol (tanpa perlakuan ozon) terjadi kerusakan/ busuk [18]. 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 [19]. 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 perbedaan yang nyata pada gula dan asam. Pada akhir penyimpanan dengan suhu dingin 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 [20]. Perlakuan ozon pada sayuran kubis bunga didapatkan perlakuan yang terbaik pada kubis bunga pada konsentrasi ozon 1,5 ppm pada penyimpanan suhu dingin [21]. Pada penelitian teknologi ozonisasi untuk mempertahankan kesegaran cabai didapatkan bahwa konsentrasi ozon 1 ppm selama penyimpanan 14 hari pada suhu penyimpanan 10 °C didapatkan perlakuan terbaik dengan kondisi warna, kesegaran dan penampakan cabai merah yang paling disukai panelis [22]. Perlakuan air berozon yang dilakukan pada penyimpanan sayuran dan buah-buahan tidak merusak kandungan gizinya, karena kandungan ozon sendiri akan hilang dengan cara penguapan. Demikian juga, jika ozon terkena paparan sinar matahari akan mengurai menjadi molekul oksigen kembali [20].

Hasil Perikanan

Pada penyimpanan hasil perikanan, teknologi ozon dapat digunakan untuk memperpanjang masa simpan ikan segar. Selain itu, ozon tidak menghasilkan residu beracun pada ikan dan lingkungannya dan telah dinyatakan aman oleh panel ahli untuk digunakan dalam penanganan bahan pangan dan perikanan [23]. Sejak itu, ozon telah digunakan pada beberapa penelitian untuk mengurangi kontaminasi pada ikan segar, produk peternakan berupa daging dan susu [24].

Teknologi ozon telah diterapkan pada ikan Hake [23] dan ikan Shucked Mussels untuk

mempertahankan kualitasnya selama penyimpanan dingin [24]. Penggunaan ozon pada penyimpanan dingin untuk beberapa ikan komersial juga dikombinasikan dengan es cair (*slurry ice*). Jenis ikan *Finfish* dan *Albacore* yang disimpan pada dalam sistem tersebut memiliki kualitas lebih baik dibandingkan dengan cara pendinginan yang lain [23]. Kombinasi ozon dengan penyimpanan dingin pada es cair (*slurry ice*) merupakan salah satu sistem penyimpanan dingin baru yang dapat memperlambat mekanisme hidrolisis dan oksidasi lemak pada ikan *Farmed Turbot* [25]. Kombinasi ozon pada konsentrasi 0,2 ppm pada fase cair dan es cair (*slurry ice*) menjadikan daya simpan ikan cenderung meningkat lebih lama. Pada uji ikan Farnet Turbot yang didinginkan dengan kombinasi perlakuan tersebut masih bermutu baik hingga hari ke 21, sedangkan menggunakan es cair (*slurry ice*) tanpa ozon hanya dapat bertahan hingga hari ke 7 [25]. Penggunaan ozon yang dikombinasikan dengan es cair (*slurry ice*) telah dimanfaatkan untuk memperpanjang daya simpan ikan Nila Merah (*Oreochromis niloticus*) [26]. Penambahan ozon dengan konsentrasi 3,5 ppm pada sistem penyimpanan dingin memberikan pengaruh dalam memperlambat terbentuknya asam lemak bebas ikan Nila Merah (*Oreochromis niloticus*) yang masih berada di bawah batas maksimum dengan nilai yang lebih rendah dari pada perlakuan kontrol (tanpa penambahan ozon). Ikan dengan perlakuan ozon masih dapat diterima hingga hari ke 16 dari aspek organoleptik, sedangkan perlakuan kontrol hanya bertahan hingga hari ke 12 [27].

6. Kesimpulan

Dari telaah dan kajian beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan terkait penggunaan ozon pada penanganan produk pangan dan hasil pertanian selama proses pascapanen menunjukkan hasil yang baik. Fungsi ozon sebagai pengoksidasi dan disinfektan mampu meluruhkan sisa pestisida dan membunuh mikroorganisme yang terdapat pada produk pangan dan hasil pertanian, sehingga dapat mempertahankan kualitas dan memperpanjang umur simpannya. Selain itu, penggunaan ozon untuk penanganan produk pangan dan hasil pertanian sangat efektif dan aman. Dengan demikian, teknologi ozon dapat direkomendasikan sebagai teknologi yang sesuai untuk penanganan produk pangan dan hasil pertanian, sehingga akan mengurangi kehilangan (*losses*) dan penurunan produksi selama proses pascapanen.

Waktu tinggal ozon dalam air (cairan) sangat tergantung pada suhu, pH dan tekanan. Oleh karena itu, perlu dilakukan optimasi dari variasi susu, pH dan tekanan untuk mendapat

efektivitas penggunaan ozon, baik secara teknis maupun ekonomis.

Daftar Pustaka

- [1] Prihatiningtyas, E. *Ozon Suatu Dilema*, Warta Limnologi, No. 40, Oktober 2006.
- [2] Evans, FL. *Ozon in Water and Waste Water Treatment*. 99 Fourth Edition, Ann Arbour Science Publishing Corporation, London.1977
- [3] K, Patel, et al. *What is Ozon?*. Ozonetek Limited, 30 Landons Road, Madras 600010, India, 2001.
- [4] Metcalf and Eddy, I. *Waswater Engineering Treatment and Reuse*. 4 ed, New York, Mc Graw Hill, USA.2003
- [5] Bismo, S, Indar Kustiningsih, Jayanudin, Febri Haryanto dan Heri Julio Saptono. Studi Awal Degradasi Fenol Dengan Teknik Ozonisasi Di dalam Reaktor Annular, Universitas Diponegoro, Semarang. 2008
- [6] Palar, H. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. PT. Rineka Cipta, Jakarta, hal 96.2004.
- [7] Said, I, 2012. Disinfektan Untuk Pengolahan Air Minum. www.kelair.bppt.go.id/ Publikasi/ Buku Air Minum/Bab 12 Disinfektan.pdf, diakses 22 Agustus 2015.
- [8] Shin, Hens, Michael and Frey. *Ozone Based Technology in Water and Wastewater Treatment*. Water Research. 2008
- [9] Chapman, 1930. *Stratospheric Ozone Chemistry*. Didittica.dma.unifi.it/WebWRit/e/pub/Energetica/Materiale Integrativo/Ozone.pdf. Diakses tanggal 6 Maret 2016.
- [10] Syafarudin, A, Novia. Produksi Ozon Dengan Bahan Baku Oksigen Menggunakan Alat Ozon Generator. Jurnal Teknik Kimia No 2 Vol. 19, April 2013.
- [11] Purwadi, A, Widdi Usada, Suryadi dan Isyuniarto. Konstruksi Tabung Lucutan Plasma Pembangkit Ozon 100 watt dan Karakteristiknya. Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan, Vol.1, hal 1-4, 2006.
- [12] Miskiyah, Munarso, SJ. Kontaminasi Residu Pestisida Pada Cabai Merah, Selada dan Bawang Merah (Studi Kasus di Bandung dan Brebes, Jawa Tengah, serta Cianjur, Jawa Barat). Jurnal Hortikultura, 2009: 19(1); hal 101-111.2009
- [13] Christina, W, Miskiyah. Status Kontaminan Pada Sayuran dan Upaya Pengendaliannya di Indonesia. Pengembangan Inovasi Pertanian, 3 (3): hal 227-237. 2010
- [14] Sugiarto, TA. Mengatasi Limbah Tanpa Masalah : Penerapan Teknologi Plasma Untuk Lingkungan, Tangerang : Eco-Plasma Indonesia, hal : 45-50. 2007
- [15] Hakan, K, Sedat, VY. *Ozon Application in Fruit and vegetable Processing*. Food Review International, Vol. 23, no.1, pp : 91-106.2007
- [16] Garcia, A, Mount, JR and Davitson, PM, *Ozon and Chlorine Treatment of Minimally Processed Lettuce*. Food Science, Vol. 68, no.9, pp 2747-2751. 2003
- [17] Skog, JL and Chu, CL. *Effect of Ozon on Quality of Fruits and Vegetables in Cold Storage*, Can. J Plant Sci., Vol.81, pp. 773-778. 2001
- [18] Barth, MM, Zhou C, Mercier, J and Payne, FA. *Ozon Storage Effects on Anthocyanin Content and Fungal Growth in Balckberrises*, J. Food Sci, Vol. 60, no. 6, pp. 1286-1288. 2006
- [19] Salvador, A, Abad, I, Arnal, L and Javega, JMM. *Effect of Ozon on Postharvest Quality of Persimmon*, J. Food Sci, Vol. 71, no.6, pp.443-446. 1999.
- [20] Perez, AG, Sanz, C, Rios, JJ, Olias, R and Olias, JM. *The Effect of Ozon Treatments on The Postharvest Quality of Strawberry*, J. Agri and Food Chem, Vol. 47, no 4, pp 1652-1656. 1999.
- [21] Asgar, A, Sugiarto, AT, Sumartini dan Ariani, D. Kajian Ozonisasi (O3) Terhadap Karakteristik Kubis Bunga (*Brassica oleraceae* var *Botrytis*) Segar Selama Penyimpanan Pada Suhu Dingin, Berita Biologi, Vol. 10, no.6, hlm.787-795. 2011.

- [22] Asgar, A, Darkam M, Dony AS dan Zahirotul H Hassan. Teknologi Ozonisasi Untuk Mempertahankan Kesegaran Cabai Cultivar Kencana Selama Penyimpanan. J. Pen. Pascapanen Pert, Vol. 12 No. 1, Juni 2015, hlm. 20-26. 2015
- [23] Pastoriza, L, M. Bernandes, G Sampredo, ML. Cabo and JJR. Herera. *Use of Sterile and Ozonized Water as a Strategy to Stabilize the Quality of Stored Refrigerated Fresh Fish*. J Food Control, Vol. 19, pp. 772-780. 2008
- [24] Manousaridis, G, A. Nerantzaki, EK. Paleologos, A. Tsiotsias, IN. Savvaidis and MG. Kontaminas. *Effect of Ozone on Microbial, Chemical and Sensory Attributes of Shucked Mussels*. J. Food Microbiology, Vo. 22, pp. 1-9. 2005
- [25] Campos, C.A, V. Losada, O.Rodriguez, SP. Aubourg and JB. Velazquez. *Evaluation of an Ozone Slurry Ice Combined Refrigeration System for The Storage of Farmed Turbot (Psetta maxima)*. J. Food Chemistry, Vo. 97, pp 223-230. 2006
- [26] Nur, M, E. Kusdiyantini, TW. Agustini, Susilo, R Maryam, S. Teke, Z. Muhlisin, D. Arif, F. Arianto, Wuryanti dan H. Muharam. Pengembangan Sistem Penyimpanan Ikan Berteknologi Ozon (SPITO) Untuk Peningkatan Produksi Ikan Berkualitas. Proseding Seminar Insentif Riset SINas : 637-646. 2013
- [27] Rahmahidayati, I, T.W. Agustine dan Muhammad Nur. Pengaruh Penambahan Ozon Selama Penyimpanan Dingin Terhadap Kadar Asam Lemak Bebas Ikan Nila Merah (*Oreochromis niloticus*). J. Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan, Vol. 3, hlm. 16-22. 2014