

Pengaruh Ozon yang Dibangkitkan Melalui Reaktor Plasma Berpenghalang Dielektrik Elektroda Silinder Spiral Terhadap Pengawetan Cabai

Saraslifah¹⁾, Muhammad Nur¹⁾ dan Fajar Arianto¹⁾

¹⁾Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

E-mail: saraslifah@st.fisika.undip.ac.id

ABSTRACT

Research on the effects of ozone generated by the plasma reactor cylindrical spiral electrode to the shelf life of chili has been done in Plasma Physics Laboratory, Diponegoro University. This study aims to obtain optimal voltage values to produce maximum ozone. And obtaining effect of ozonation time and storage for chili quality. Ozone which used is produced by dielectric barrier discharge plasma reactor with spiral cylinder configuration. This ozone, which produced by the reactor dissolved in water for washed the chili. Chili using ozone washing is done with a variety of washing time 0,5,10,15,20,25 and 30 minutes. The chili then stored in a refrigerator at a temperature of 17 °C for 25 days. Characterization of the reactor showed that the greater value of the applied voltage, increased current and concentration of ozone produced. Voltage used for ozonation is 2400 V with a concentration of ozone generated at 23.75 ppm. Ozone dissolved in water to wash the chili with dissolved ozone concentration is 1.66 ppm or 7%. From the analysis of the level of damage chili, ozonation results with lowest damage rate is at the time of treatment 15 minutes with a percentage of 8% damage to the shelf life of 25 days. From the test results of proximate preservation chili using ozone is not particularly affect the content in chili peppers that is safe to use. The longer the treatment time, reduce the amount of bacteria on pepper growing. At the time of treatment 15 minutes colonies of fungi reduced til 50,8 % and bacteria were reduced 51.7%. It seen from the results of TPC (Total Plate Count).

Keywords: Ozone, Plasma reactor, Chili storage, Proximate tests, TPC

ABSTRAK

Penelitian tentang pengaruh ozon yang dibangkitkan melalui reaktor plasma elektroda silinder spiral terhadap penyimpanan cabai ini telah dilakukan di laboratorium Fisika Plasma Universitas Diponegoro. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai tegangan optimal sehingga diperoleh produk ozon yang maksimal dan mengetahui pengaruh waktu pengozonan dan penyimpanan terhadap kualitas cabai. Ozon yang digunakan untuk pengawetan cabai ini dibangkitkan melalui reaktor plasma berpenghalang dielektrik elektroda silinder spiral. Ozon yang dihasilkan dari reaktor kemudian dilarutkan di dalam air, yang nantinya akan digunakan untuk mencuci cabai. Pencucian cabai dengan menggunakan ozon ini dilakukan dengan variasi waktu pencucian 0, 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 menit. Cabai kemudian disimpan di dalam kulkas dengan suhu 17°C selama 25 hari. Berdasarkan karakterisasi reaktor diperoleh hasil bahwa semakin besar nilai tegangan yang diberikan maka arus dan konsentrasi ozon yang dihasilkan juga semakin besar. Nilai tegangan yang digunakan untuk pengozonan adalah sebesar 2400 V dengan konsentrasi ozon yang dihasilkan sebesar 23,75 ppm. Ozon dilarutkan dalam air untuk pencucian cabai dengan konsentrasi ozon terlarut adalah 1,66 ppm atau sebesar 7%. Berdasarkan analisis tingkat kerusakan cabai, hasil pengozonan dengan tingkat kerusakan paling rendah adalah pada waktu pencucian selama 15 menit dengan persentase kerusakan 8 % pada umur simpan 25 hari. Berdasarkan hasil uji proksimat, pengawetan cabai menggunakan ozon ini tidak terlalu mempengaruhi kandungan dalam cabai sehingga aman dikonsumsi. Semakin lama waktu treatment, mengurangi jumlah bakteri pada cabai semakin banyak. Pada waktu treatment 15 menit, jumlah koloni jamur berkurang hingga 50,8 % dan bakteri berkurang sebanyak 51,7 % terlihat dari uji TPC (Total Plate Count).

Kata kunci: Ozon, Reaktor plasma, Penyimpanan Cabai, Uji proksimat, TPC

PENDAHULUAN

Cabai merah (*Capsicum annum L.*) merupakan salah satu jenis sayuran yang banyak dibudidayakan di Indonesia karena bernilai ekonomi tinggi. Cabai memiliki banyak kandungan gizi, seperti kalori, protein, lemak, karbohidrat, kalsium, vitamin A, B1 dan vitamin C. Selain untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga, cabai juga dapat digunakan untuk keperluan industri misalnya, industri bumbu masakan, makanan dan obat-obatan atau jamu. Penanaman dan pemeliharaan cabai yang intensif dan dilanjutkan dengan penggunaan teknologi pasca panen akan membuka lapangan pekerjaan baru [1]. Dari data Kementerian Pertanian pada tahun 2014, Indonesia masih surplus 56 ribu ton cabai. Kebutuhan masyarakat akan cabai bersifat fluktuatif, terkadang kekurangan dan terkadang terjadi surplus. Hal ini disebabkan karena panen raya cabai di Indonesia berlangsung pada periode Februari, Maret, April, hingga Mei. Sedangkan stok cabai mulai terbatas pada bulan Juli dan Agustus [2]. Untuk menangani masalah fluktuatifnya kebutuhan akan cabai, sisa surplus panen ini sebenarnya dapat digunakan. Akan tetapi cabai seringkali cepat busuk apabila disimpan terlalu lama.

Teknologi yang biasa digunakan untuk pengawetan cabai adalah dengan metode pengeringan. Akan tetapi metode ini memiliki kekurangan yaitu penurunan mutu dan berubahnya sifat asal dari buah atau sayuran yang dikeringkan sehingga dapat mengurangi nilai ekonomi bahan tersebut. Selain pengeringan, penggunaan bahan kimia sebagai pengawet juga sering digunakan. Seringkali penggunaan bahan kimia ini menimbulkan residu dan berbahaya bagi kesehatan tubuh manusia karena mengandung racun. Untuk menambah metode pengawetan agar cabai tetap segar dan tidak berubah sifat aslinya, maka penulis melakukan penelitian mengenai teknologi pengawetan cabai menggunakan ozon (O_3) yang dihasilkan oleh reaktor plasma *Dielectric Barrier Discharge (DBD)*.

Penggunaan reaktor plasma DBD untuk membangkitkan ozon ini telah diteliti dan dimanfaatkan untuk menjaga kualitas asam amino ikan. Setelah diaplikasikan pada ikan kembung (*Rastrelliger sp.*) diperoleh hasil bahwa ozon dapat menjaga kualitas asam amino ikan kembung [3]. Selain itu, penggunaan ozon juga telah dilakukan untuk pengawetan kentang [4] dan beras [5].

Hasil dari penelitian-penelitian tersebut mendorong penulis untuk melakukan penelitian tentang pengaruh pemberian ozon yang dibangkitkan dari reaktor plasma DBD untuk pengawetan cabai. Penulis memiliki hipotesa bahwa ozon yang dibangkitkan melalui reaktor plasma berpenghalang dielektrik ini akan mampu meningkatkan umur simpan cabai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai tegangan optimal untuk menghasilkan ozon maksimum dan memperoleh hasil pengawetan dan kualitas cabai setelah perlakuan ozon dan penyimpanan.

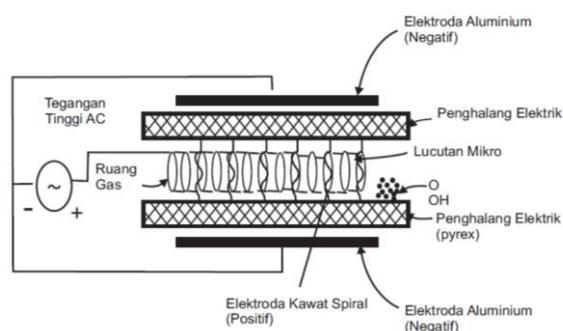
TEORI

Ozon

Ozon merupakan zat pengoksidasi kuat yang terdiri dari molekul oksigen. Ozon dapat digunakan pada pengolahan air limbah, penghilangan bau, disinfektan, polusi udara, pemrosesan makanan, sterilisasi alat kedokteran dll. [3]. Ozon sebagai oksidan kuat dengan potensial kimia 2,07 eV sangat berpotensi sebagai bahan disinfektan yang mampu membunuh mikroorganisme patogen. Sifat ozon setelah bereaksi dengan zat lain tidak meninggalkan residu kimia yang berbahaya tetapi malah menghasilkan oksigen, sehingga teknologi ozon sangat ramah lingkungan [6].

Lucutan Plasma Berpenghalang Dielektrik atau Dielectric Barrier Discharge Plasma (DBDP)

Lucutan berpenghalang dielektrik (Dielectric Barrier Discharge / DBD) atau kadang disebut lucutan plasma senyap memiliki karakteristik utama yaitu celah lucutan sempit dengan jarak milimeter dan salah satu elektroda ditutup isolator. Lucutan plasma ini dapat dijalankan pada tekanan atmosfer dan banyak digunakan sebagai pembangkit ozon dengan sumber gas berupa udara bebas atau oksigen. DBD berbentuk koaksial dan dihasilkan pada celah antara dua elektroda, yaitu elektroda aktif berupa elektroda kawat dan elektroda pasif berupa lembaran aluminium dengan tabung gelas *pyrex* sebagai penghalang. Jika kedua elektroda diberi tegangan listrik maka akan dihasilkan medan listrik tidak homogen. Ozon diproduksi di dalam DBD dari udara bebas atau oksigen yang melewati celah antara dua elektroda. Gas tersebut akan terionisasi dan menghasilkan ozon. Kemudian ozon dimasukkan ke dalam air dan terlarut di dalamnya. Geometri lucutan plasma DBD sehingga membentuk lucutan mikro ditunjukkan oleh gambar 1 di bawah ini :



Gambar 1 Geometri dari lucutan plasma DBD sehingga terbentuk lucutan mikro

Ketika gas berada dalam pengaruh medan listrik yang mampu menimbulkan pergerakan spesies gas, elektron yang berenergi akan menyalurkan energinya pada molekul gas melalui

tumbukan, eksitasi molekul, tangkapan elektron disosiasi, dan ionisasi. Spesies aktif utama yang dihasilkan dari proses transfer energi elektron adalah ion, radikal, dan atom tereksitasi [7].

Ozon untuk Pengawetan Bahan Makanan

Dalam aplikasinya, ozon merupakan zat aktif yang jika bereaksi dapat membunuh bakteri. Teknologi ozon yang dikembangkan menggunakan metode pengolahan sterilisasi dengan menggunakan air berozon. Teknologi ozon mulai dikembangkan pada 2005 dan telah diujicobakan untuk mengawetkan tomat pascapanen di Balai Penelitian Sayuran Departemen Pertanian di Lembang, Bandung pada 2006. Teknologi ini dapat menggantikan pemakaian formalin yang membahayakan kesehatan namun sampai sekarang masih banyak dipakai masyarakat untuk mengawetkan makanan [8].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Fisika Atom dan Nuklir, Divisi Fisika Plasma, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro Semarang pada bulan April sampai dengan Agustus 2016. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu reaktor DBD, sumber tegangan tinggi *probe*, osiloskop, amperemeter, ozonmeter, pompa udara, selang udara, kulkas dan termometer. Bahan yang digunakan cabai keriting merah (*Capsicum annum L.*), air dan udara.

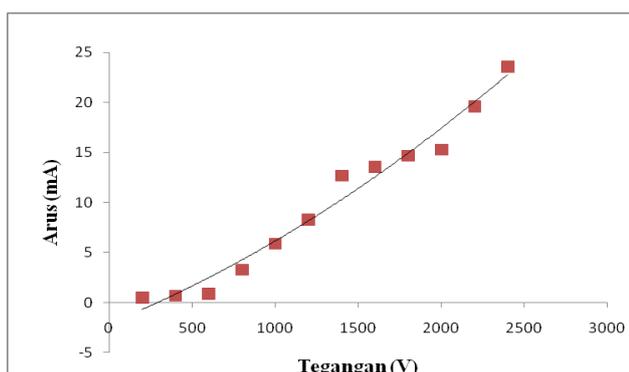
Penelitian ini dilakukan dengan mengkarakterisasi reaktor untuk arus terhadap fungsi tegangan dan konsentrasi ozon terhadap fungsi tegangan untuk menentukan konsentrasi ozon optimal yang dihasilkan. Ozon yang diproduksi

dilarutkan di dalam air yang nantinya digunakan untuk pencucian cabai. Pencucian dilakukan dengan variasi waktu 0, 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 menit. Cabai kemudian disimpan di dalam kulkas dengan suhu 17 °C selama 25 hari dan diamati setiap 5 hari sekali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Arus (I) dan Tegangan (V) Reaktor Plasma

Reaktor plasma DBD pembangkit ozon yang digunakan dihubungkan dengan sumber tegangan tinggi AC (*alternative current*). Pada penelitian ini tegangan yang digunakan yaitu 200 – 2400 V. Tegangan maksimal 2400 V merupakan tegangan dielektrik dari konstruksi reaktor, yang menyebabkan pemberian tegangan mencapai satu titik jenuh akibat kondisi yang mendekati lucutan *arc*. Karena reaktor menggunakan sistem DBD sehingga kondisi *arc* terhalang oleh adanya dielektrik di antara 2 elektroda. Hal inilah yang menyebabkan tegangan tidak dapat dinaikkan lagi. Hasil karakterisasi arus dan tegangan ditunjukkan pada gambar berikut :



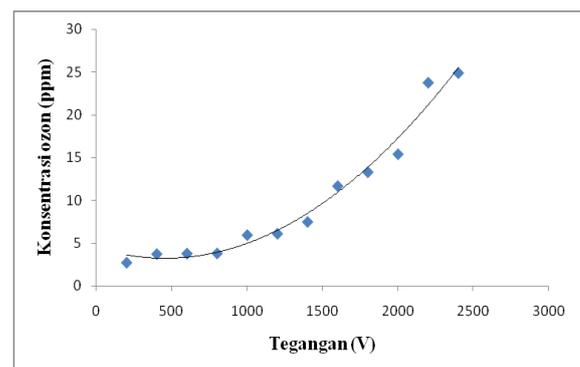
Gambar 2 Grafik arus sebagai fungsi tegangan

Dari gambar 2 dapat dilihat bahwa jika nilai tegangan yang diberikan semakin tinggi, nilai arus yang dihasilkan juga semakin tinggi. Nilai arus sebagai fungsi tegangan ini meningkat secara polinomial. Dari persamaan grafik polinomial,

diperoleh bahwa arus sebanding dengan nilai kuadrat tegangan ($I \sim V^2$). Hal ini disebabkan oleh adanya muatan yang terakumulasi di dalam reaktor. Muatan listrik terbentuk dari adanya ionisasi berantai karena medan listrik mempercepat elektron sehingga elektron memiliki energi yang cukup untuk mengionisasi molekul udara yang berada di dalam reaktor.

Pengaruh Tegangan Terhadap Konsentrasi Ozon yang Dihasilkan

Karakteristik konsentrasi ozon berdasarkan fungsi tegangan ditunjukkan pada gambar berikut ;



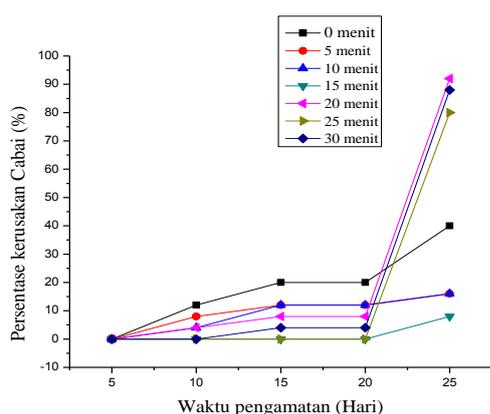
Gambar 3 Grafik hubungan antara nilai tegangan dengan konsentrasi ozon yang dihasilkan

Dari grafik pada Gambar 3 dapat diketahui bahwa nilai konsentrasi ozon dipengaruhi oleh tegangan yang diberikan. Semakin besar nilai tegangan yang diberikan, maka semakin besar pula nilai konsentrasi ozon yang dihasilkan.

Pengaruh Ozon Terhadap Pengawetan Cabai

Teknologi pengawetan bahan makanan menggunakan ozon telah banyak dilakukan, pada penelitian ini diaplikasikan pada jenis sayuran yaitu cabai merah. Cabai

di-*treatment* menggunakan ozon yang telah larut di dalam air. Konsentrasi ozon yang dilarutkan adalah sebesar 23,75 ppm dalam 1000 mL air. Menurut penelitian yang dilakukan pada tahun 2009, konsentrasi ozon yang terlarut di dalam air adalah sebesar 7% dari konsentrasi semula [9]. Gambar 4 menunjukkan persentase kerusakan cabai fungsi waktu penyimpanan untuk beberapa variasi waktu *treatment*.



Gambar 4 Grafik persentase kerusakan cabai

Dari grafik pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan semakin lama waktu penyimpanan maka cabai mengalami peningkatan persentase kerusakan. Dalam pengamatan selama 25 hari tingkat kerusakan cabai yang paling rendah adalah pada cabai yang di-*treatment* selama 15 menit jika dibandingkan dengan kontrol atau cabai tanpa perlakuan ozon dan dengan waktu *treatment* yang lain. Pada hari ke 25 cabai dengan waktu *treatment* 15 menit memiliki persentase kerusakan sebesar 8%, nilai kerusakan yang paling rendah jika dibandingkan dengan cabai dengan waktu *treatment* yang lain.

Pada cabai dengan waktu *treatment* di bawah atau sama dengan 15 menit, diantaranya 0, 5 dan 10 menit kerusakan cabai ditandai dengan mulai munculnya jamur sehingga terlihat tanda-tanda kebusukan pada cabai tersebut. Tekstur dan kekerasan cabai yang berubah dari keadaan semula yaitu menjadi lebih lunak. Kerusakan yang terlihat pada cabai dengan waktu *treatment* 20, 25 dan 30 menit rata-rata adalah muncul jamur yang lebih sedikit dari waktu *treatment*

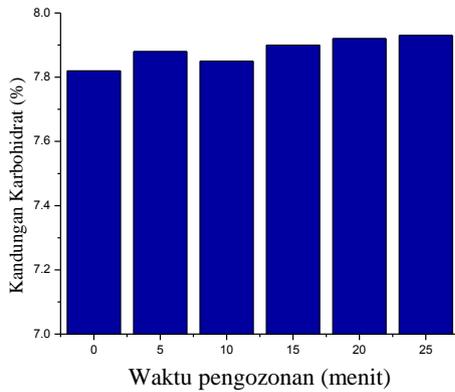
lain, akan tetapi cabai lebih keriput dan kering jika dibandingkan keadaan semula. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu *treatment* menyebabkan kadar air yang berada di dalam cabai semakin berkurang. Berdasarkan hasil dari beberapa variasi waktu *treatment*, ternyata pengozonan cabai yang terlalu lama juga tidak begitu baik. Paparan berlebihan ini menyebabkan kerusakan yang lebih tinggi, seperti pada cabai dengan waktu pengozonan 20,25 dan 30 menit.

Salah satu standar mutu yang ditetapkan Badan Standar Nasional tentang kualitas cabai adalah dari tingkat kerusakannya. Menurut BSN berdasarkan dokumen SNI cabai pada tahun 2016, standar mutu cabai dibagi menjadi 3 kelas. Kelas super dengan tidak ada kerusakan sama sekali, kelas 1 dengan persentase kerusakan maksimal 5% dan kelas 2 dengan persentase kerusakan maksimal adalah 10%. Apabila dibandingkan dengan waktu *treatment* lain, kerusakan pada cabai dengan waktu *treatment* 15 menit inilah yang masuk dalam standar persentase kerusakan maksimal berdasarkan SNI cabai.

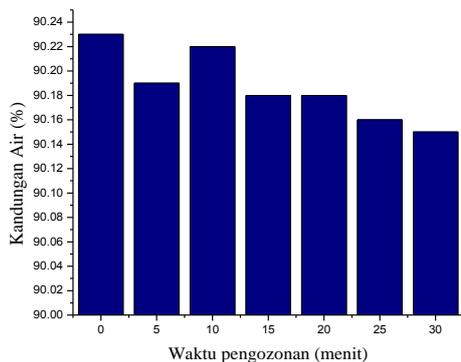
Pengaruh Ozon Terhadap Kandungan Zat Gizi pada Cabai

Penggunaan ozon untuk pengawetan bahan makanan dipilih karena ozon yang memiliki sifat sebagai desinfektan dan detoksifikan. Sebagai desinfektan ozon dapat membunuh kuman, bakteri, virus, jamur, spora, lumut, dan zat organik lainnya. Dari kemampuan ozon yang dapat membunuh jamur, bakteri dan mengurangi efek zat beracun ini perlu diketahui penggunaan ozon dapat mempengaruhi kandungan-kandungan gizi di dalamnya atau tidak. Oleh karena itu dilakukan uji proksimat untuk mengetahui pengaruh ozon

terhadap kandungan zat penting di dalam cabai. Diantaranya kandungan karbohidrat dan juga kadar air, yang hasilnya ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 5 Pengaruh waktu pengozonan terhadap kandungan karbohidrat



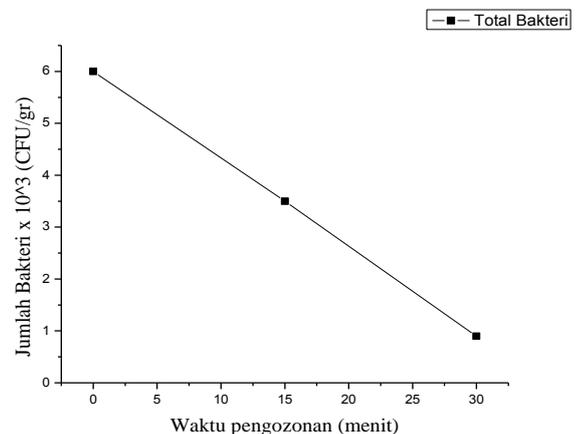
Gambar 6 Pengaruh waktu pengozonan terhadap kadar air

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada gambar 5 dan 6 terjadi perubahan pada kandungan gizi cabai. Pada karbohidrat, lama waktu pengozonan semakin meningkatkan kandungan karbohidrat pada cabai tetapi mengurangi persen kadar airnya. Akan tetapi perubahan ini tidak terlalu signifikan. Hal yang sama juga terjadi pada persen bobot dari lemak, protein dan abu yang mengalami penurunan akibat semakin lamanya waktu pengozonan. Penurunan persen bobot kandungan-kandungan tersebut juga tidak terlalu signifikan sehingga

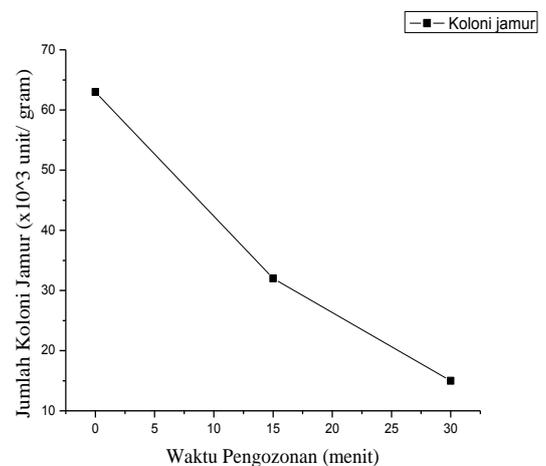
dapat disimpulkan bahwa pengawetan cabai menggunakan ozon aman digunakan.

Pengaruh Ozon Terhadap Jumlah Bakteri dan Jamur pada Cabai

Tujuan dari penggunaan ozon di antaranya adalah untuk mengurangi jumlah bakteri dan jamur yang dapat menyebabkan cabai menjadi cepat busuk. Oleh karena itu dilakukan uji *TPC (Total Plate Count)* untuk mengetahui jumlah bakteri pada cabai. Hasil uji *TPC* ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 7 Grafik hasil uji jumlah total bakteri



Gambar 8 Grafik hasil uji jumlah koloni jamur

Berdasarkan grafik pada gambar 7 dan 8 diketahui bahwa lamanya waktu pengozonan dapat mengurangi jumlah koloni jamur dan bakteri yang dapat menyebabkan kebusukan pada cabai, sehingga pengurangan jumlah jamur ini dapat mencegah kerusakan cabai dan membuat cabai lebih tahan lama dan tidak mudah busuk. Pengurangan bakteri dan jamur pada cabai dengan waktu pengozonan 15 menit berturut-turut adalah 51,7 % dan 50,8 % sedangkan pada waktu pengozonan 30 menit mencapai 75 % dan 76,9 %. Akan tetapi pengozonan dengan waktu yang terlalu lama malah dapat merusak cabai sehingga perlu digunakan waktu yang optimal.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data-data hasil penelitian ini maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil karakterisasi, nilai arus dan konsentrasi ozon meningkat dengan peningkatan tegangan yang diberikan. Tegangan optimal yang menghasilkan ozon yang digunakan untuk *treatment* adalah sebesar 2,4 kV dengan konsentrasi ozon 23,75 ppm dan konsentrasi ozon terlarut dalam air sekitar 1,66 ppm.
2. Hasil pengawetan paling optimal adalah cabai dengan waktu pengozonan selama 15 menit dengan persentase kerusakan paling rendah yaitu sebesar 8 % pada waktu penyimpanan selama 25 hari. Kualitas cabai yang diawetkan tetap baik, terlihat dari kandungan cabai berdasarkan hasil uji proksimat yang hanya menunjukkan sedikit perbedaan pada persen karbohidrat, lemak, protein, abu dan air. Semakin lama waktu pengozonan, jumlah bakteri dan jamur pada cabai juga semakin menurun.

DAFTAR PUSTAKA

[1]. Wardana, Moch. Hafi, 2014, *Budidaya Tanaman Cabai Merah di UPTD Pembibitan*

Tanaman Holtikultura Desa Sumberejo Kecamatan Ambulu Kabupaten Jember, volcano.fis.um.ac.id/wpcontent/uploads/2015/.../jurnal-cabai-merah.doc. diakses tanggal 3 April 2016.

- [2]. Nurhayat dan Wiji, 2014, *Produksi Cabai RI Lebih Tinggi daripada Kebutuhan Masyarakat tapi Harga Naik Turun*, <http://finance.detik.com/read/2014/06/30/155656/2623393/4/produksi-cabai-ri-lebih-tinggi-daripada-kebutuhan-tapi-harga-naik-turun>, diakses tanggal 27 Maret 2016 pukul 13.52.
- [3]. Teke, Sosiawati, Nur, M. dan Tri A. Winarni, 2014, *Produksi Ozon dalam Reaktor Dielektrik Barrier Discharge Plasma (DBDP) Terkait Panjang Reaktor dan Laju Alir Udara Serta Pemanfaatannya untuk Menjaga Kualitas Asam Amino Ikan*, Berkala Fisika No.1 Vol. 17 hal : 25-32, ISSN : 1410-9662.
- [4]. Purwadi, Agus, Widdi Usaha dan Suryadi, 2007, *Aplikasi Ozon Hasil Teknologi Kimia Plasma untuk Memperpanjang Umur Simpan Umbi Kentang*, Prosiding PPI-PDIPTN 2007 Pustek Akselerator dan Proses Bahan BATAN Yogyakarta 10 Juli 2007, ISSN : 0216 – 312
- [5]. Nur, M., E. Kusdiyantini, W. Wuryanti, T.A. Winarni, S.A. dan Widyanto, H. Muharam, 2015, *Development of Ozone Technology Rice Storage Systems (OTRISS) for Quality Improvement on Rice Production*, Journal of Physics : Conference Series 622 (2015) 012029 : IOP Publishing
- [6]. Patel, K., 2001, *What is Ozone ?*, Ozonetek Limited, 30 Landons Road, Madras 600010, India.
- [7]. Nur, M., 2011, *Fisika Plasma dan Aplikasinya*, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang.

- [8]. Sugiharto, Tri Anto, 2007, *Teknologi Ozon Alternatif Pengawetan Makanan yang Aman*, <http://lipi.go.id/berita/single/teknologi-ozon-alternatif-pengawetan-makanan-yang-aman/1857>, diakses tanggal 7 April 2016 pukul 19.06.
- [9]. Nur, M., Aris Supriati, Dyah Hari Setyaningrum, Gunawan, Muhammad Munir dan Sumariyah, 2009, *Ozone Generator by Using Dielectric Barrier Discharge Plasma Technology With Spiral Cylinder Configuration : Comparison Between Oxygen and Air As Source*, *Berkala Fisika* Vol. 12, No.2. April 2009, hal 69-76, ISSN : 1410 - 9662