

PRODUKSI OZON DALAM REAKTOR *DIELECTRIC BARRIER DISCHARGE PLASMA* (DBDP) TERKAIT PANJANG REAKTOR DAN LAJU ALIR UDARA SERTA PEMANFAATANNYA UNTUK MENJAGA KUALITAS ASAM AMINO IKAN

Sosiawati Teke¹, Muhammad Nur^{*2} dan Tri A. Winarni³

¹Program Studi Magister Ilmu Fisika, Universitas Diponegoro Semarang

²Jurusan Fisika, Universitas Diponegoro Semarang

³Jurusan Teknologi Hasil Perikanan, Universitas Diponegoro Semarang

*Korespondensi Penulis, Email: m.nur@undip.ac.id

Abstract

Characterization of the reactor Dielectric Barrier Discharge Plasma (DBDP) has performed as a generator of ozone (O_3) and as sources of input air. Ozone was measured on a variation of the voltage (4-8 kV) with the speed of air flow of 0,5, 1, 1, 3, 4, 5, 6, 8 and 10 L/min. Plasma reactor was used as ozone generators with spiral-cylinder configuration. Spiral electrodes were made of copper wire diameter of 1,2 mm, coil length 50 mm and diameter cylindrical electrodes while 10,3 mm of cooper sheets with thickness 0,25 mm. Dielectric material used is pyrex with diameter 2 cm and 1,1 mm for its thickness. The AC voltage was used as plasma generators with frequency of 16 kHz. This Research used plasma reactor with three length variations that are 5, 10 and 15 cm. Results showed voltage, the length reactor and air flow rate input affects the ozone concentration. Ozone concentration increased while increasing voltage, the length of reactor and the flow rate used is small. Amino acids quality in short bodied mackerel (*Rastrelliger sp.*) fed ozone for 12 days of storage showed that ozone could maintain the quality of short bodied mackerel amino acids.

Key Words: Spiral-cylinder Electrodes, Ozone Concentrations

Abstrak

Telah dilakukan karakterisasi reaktor Dielektrik Barrier Discharge Plasma (DBDP) sebagai pembangkit ozon (O_3) dengan sumber masukan udara. Ozon diukur pada variasi tegangan (4-8 kV) dengan kecepatan aliran udara yang bervariasi 0,5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 dan 10 L/menit. Reaktor plasma digunakan sebagai pembangkit ozon dengan konfigurasi spiral-silinder. Elektroda spiral dibuat dari kawat tembaga berdiameter 1,2 mm dengan panjang lilitan 50 mm yang berdiameter 10,3 mm sedangkan elektroda silinder dari lembaran tembaga dengan tebal 0,25 mm. Bahan dielektrik yang digunakan adalah pirex berdiameter 2 cm dan tebal 1,1 mm. Digunakan tegangan AC sebagai pembangkit plasma dengan frekuensi 16 kHz. Penelitian ini menggunakan tiga variasi panjang reaktor plasma yaitu 5, 10 dan 15 cm. Hasil penelitian menunjukkan tegangan, panjang reaktor dan laju alir udara masukan mempengaruhi konsentrasi ozon. Konsentrasi ozon meningkat dengan meningkatnya tegangan, panjang reaktor dan laju alir yang digunakan kecil. Kualitas asam amino pada ikan kembung (*Rastrelliger sp.*) yang diberi ozon selama 12 hari penyimpanan menunjukkan bahwa ozon dapat menjaga kualitas asam amino ikan kembung.

Kata kunci: Elektroda silinder-spiral, Konsentrasi ozon

Pendahuluan

Ozon adalah pengoksidasi yang kuat terdiri dari molekul oksigen (O_2) yang dapat menggantikan klorin sehingga digunakan untuk mengolah air limbah, penghilang bau, disinfektan, polusi udara, debu, pemrosesan makanan, sterilisasi alat medis dan dapat menghilangkan kuman. Ozon adalah komponen yang tidak stabil dan terurai (dalam menit) pada temperatur lingkungan dan terurai sangat cepat (< 1 s) pada temperatur tinggi [1-4].

Ozon dapat dibangkitkan dengan menggunakan radiasi ultraviolet, reaksi *optochemical* dan *dielectric barrier discharge* (DBD). DBD merupakan teknik paling sering digunakan untuk membangkitkan ozon, baik pada skala laboratorium maupun skala industri [5]. DBD menjadi salah satu alat yang sangat kuat untuk memproduksi ozon [4]. *Dielectric barrier discharge* plasma (DBDP) dihasilkan dengan menaikkan tegangan celah udara atau gas (medium dielektrik), elektron sekunder pada katoda terbentuk melalui proses ionisasi, yang diawali pelipatgandaan elektron dari katoda menuju anoda. Jenis-jenis dari ion oksigen (O^*) adalah O^+ , O_2^+ , O^- dan O_3^- . Kombinasi dari kesemuanya dapat menghasilkan ozon. Aliran breakdown dapat terjadi pada suatu nilai tegangan tertentu, dengan menghasilkan pancaran (emisi) cahaya pada katoda [6-7].

DBD tersusun atas dua elektroda yang dipisahkan oleh celah beberapa milimeter dan ditutupi dengan lapisan dielektrik [8]. Sistem DBD umumnya terdiri atas *power supply*, elektroda dan penghalang dielektrik. Menurut frekuensi operasi, power supply DBD menggunakan *alternative current* (AC), *radio frequency* (RF) dan *mode pulsa*. Adapun penghalang dielektrik, digunakan bahan sebagai lapisan isolasi adalah kaca, kuarsa, keramik, dan lapisan polimer sebagai lapisan isolasi. Jenis bahan, ketebalan dan struktur

permukaan dari bahan dielektrik dapat mempengaruhi discharge plasma [9].

Pada penelitian ini akan dikaji karakteristik arus-tegangan dan dilakukan variasi panjang reaktor dan laju alir udara masukan DBDP guna mengetahui pengaruh tegangan, panjang reaktor dan laju alir udara terhadap konsentrasi ozon.

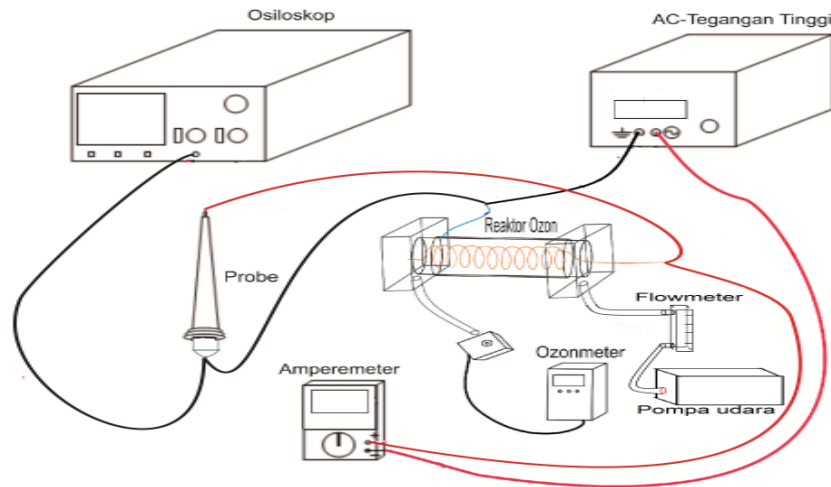
Metode Penelitian

Gambar 1 menunjukkan rancangan penelitian generator DBDP. Elektoda yang digunakan berkonfigurasi silinder-spiral. Elektroda spiral terbuat dari kawat tembaga dengan diameter kawat (Dk) 1,2 mm, jumlah lilitan (N) 30, panjang lilitan (pl) 50 mm dan diameter lilitan (DI) 10,3 mm sedangkan elektroda luar berbentuk silinder dengan diameter dalam (Ds) 20 mm berbahan tembaga dengan tebal (Ts) 0,25 mm yang direkatkan pada dinding bagian luar dari pirex sebagai dielektrik. Bahan dielektrik yang digunakan adalah pirex dengan tebal (Tp) 1,1 mm dan diameter luar (Dp) 20 mm. Ozon dibangkitkan dengan menggunakan tegangan AC dengan tegangan (V) sebesar 4-8 kV dan frekuensi (f) 16 kHz. Laju alir udara masukan 0,5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 dan 10 L/menit.

Udara dimasukkan ke dalam reaktor dengan menggunakan pompa udara (Amara AA-250). Tegangan tinggi generator diukur menggunakan osiloskop (Instek, GOS-620 20Mhz), agar dapat mengukur tegangan maka osiloskop dihubungkan dengan *probe* (Ser. No. 20048737), sedangkan arus diukur menggunakan multimeter (Sanwa CD800a), laju alir oksigen diukur dengan menggunakan *flowmeter* (SHLLJ) dan konsentrasi ozon diukur dengan menggunakan *ozonmeter* (Model OS-4, serial# 1208). Ozon yang diproduksi dengan reaktor DBDP telah dimanfaatkan untuk menyimpan ikan gembung (*Rastrelliger sp.*) selama 12 hari. Konsentrasi yang digunakan

sebesar 2,5 ppm diberikan selama 90 menit dengan selang waktu 12 jam

dalam kontainer ikan yang diberi slurry es (40 % es dan 60 % air).



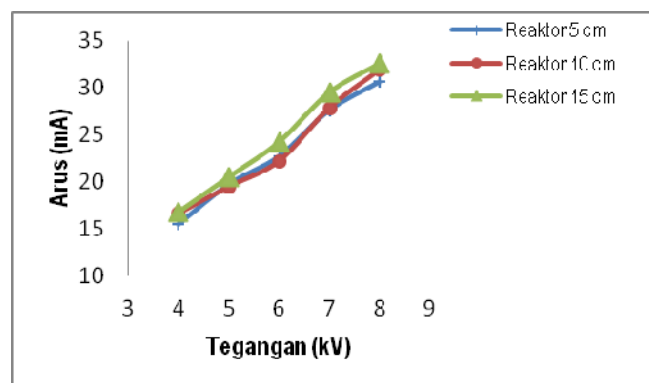
Gambar 1. Rancangan penelitian

Hasil dan Pembahasan

1. Karakteristik Arus-Tegangan Reaktor

Gambar 2 menunjukkan grafik karakteristik kuat arus sebagai fungsi tegangan pada reaktor DBDP dari lima variasi panjang reaktor. Gambar 2 menunjukkan bahwa arus cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya tegangan yang diberikan terhadap reaktor pada 4-8 kV. Pada rentang tegangan

tersebut terjadi proses ionisasi, eksitasi, deeksitasi, rekombinasi partikel disekitar elektroda yang mendapatkan tambahan energi dari kenaikan tegangan. Elektron-elektron bebas yang dihasilkan dari proses tersebut akan semakin banyak, sehingga arus yang muncul semakin banyak. Pada penelitian ini menggunakan 3 variasi panjang reaktor.



Gambar 2. Grafik karakteristik kuat arus sebagai fungsi tegangan

Semakin besar tegangan yang diberikan, maka arus pada reaktor ozon semakin

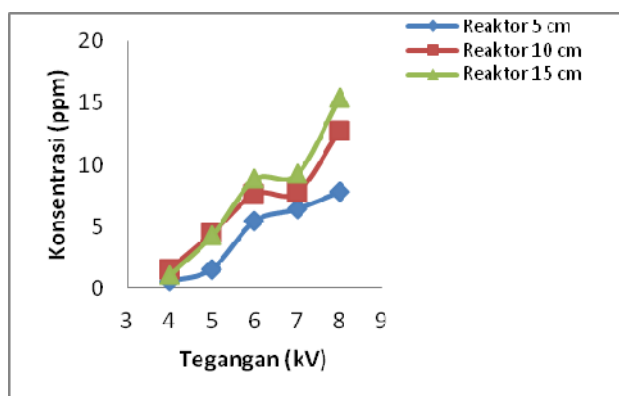
meningkat. Adanya peningkatan arus disebabkan oleh adanya muatan yang

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 dalam reaktor.

2. Pengaruh Tegangan pada Konsentrasi Ozon

Gambar 3 menunjukkan grafik pengaruh tegangan terhadap konsentrasi ozon pada reaktor DBDP dari lima variasi panjang reaktor. Dari gambar 3 terlihat semakin besar tegangan yang

diberikan, maka semakin besar konsentrasi ozon yang dihasilkan. Ozon terbentuk setelah beberapa atom atau molekul mengalami proses ionisasi kemudian rekombinasi. Konsentrasi ozon yang dihasilkan sangat bergantung pada tegangan sumber, maka semakin tinggi beda potensial antar elektroda, semakin tinggi konsentrasi ozon yang dihasilkan. Dari gambar 3 nampak bahwa terjadi peningkatan konsentrasi ozon sering dengan bertambah panjang reaktor. Reaktor dengan panjang 15 cm.



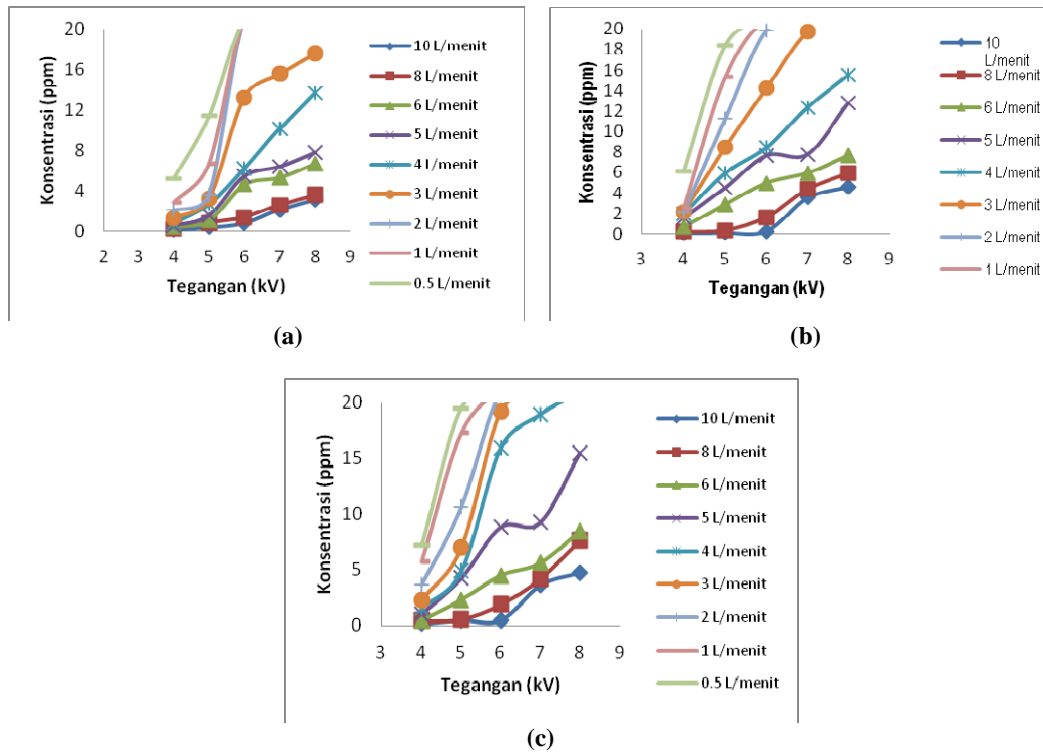
Gambar 3. Konsentrasi ozon sebagai fungsi dari tegangan

3. Pengaruh Flow Rate Udara Masukan terhadap Konsentrasi Ozon

Dari Gambar 4 terlihat bahwa laju alir mempengaruhi konsentrasi ozon, semakin besar laju alir udara yang masuk ke dalam reaktor maka konsentrasi ozon yang dihasilkan semakin kecil.

Gambar 4 menunjukkan produktivitas ketiga ozonator mencapai kondisi maksimum pada laju alir 0,5

L/menit dan produktivitasnya menurun ketika laju alir diperbesar menjadi 10 L/menit. Fenomena ini bergantung pada waktu tinggal molekul-molekul udara di dalam reaktor. Laju alir udara yang besar akan mendorong keluar molekul-molekul udara yang berada di dalam reaktor lebih cepat, sehingga waktu tinggal molekul-molekul udara di dalam reaktor tidak berlangsung lama. Konsentrasi ozon maksimum diperoleh lebih dari 20 ppm.



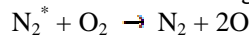
Gambar 4. Kurva konsentrasi ozon sebagai fungsi tegangan untuk laju alir yang berbeda (a) reaktor ozon dengan panjang 5 cm, (b) reaktor ozon dengan panjang 10 cm dan (c) reaktor ozon dengan panjang 15 cm

4. Pengaruh Panjang Reaktor terhadap Konsentrasi Ozon

Gambar menunjuka panjang reaktor mempengaruhi konsentras ozon, semakin panjang reaktor maka konsentras ozon yang dihasilkan mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan jumlah molekul-molekul udara yang berada dalam reaktor. Makin panjang reaktor maka molekul-molekul udara yang berada dalam reaktor lebih banyak, sehingga makin banyak molekul-molekul yang mengalami tumbukan. Adanya tumbukan menyebabkan molekul bebas memiliki energi yang cukup untuk melepaskan elektron terluarnya. Pada DBD dengan sumber udara bebas, energi elektron akan mentransfer energi pada molekul yang dominan (H₂, N₂, O₂, O, CO₂) melalui proses tumbukan. Tumbukan ion menghasilkan radikal primer (O*, N*, OH*, dll), ion positif, ion negatif serta molekul tereksitasi.



M adalah O₂ atau N₂, karena N₂ diperlukan untuk menangkap kelebihan energy tumbukan. Bila tidak ada N₂ maka O₃ yang dihasilkan sangat reaktif sehingga mudah terurai secara spontan. Sehingga dalam reaktor terjadi juga reaksi molekul nitrogen



Semakin banyak atom oksigen yang mengalami tumbukan dengan molekul oksigen, maka semakin tinggi konsentras ozon yang dihasilkan.

5. Pengaruh pemberian Ozon terhadap asam amino

Ozon yang diproduksi dengan reaktor DBDP telah dimanfaatkan untuk menyimpan ikan gembung (*Rastrelliger sp.*) selama 12 hari. Konsentras yang digunakan sebesar 2,5 ppm diberikan selama 90 menit dengan selang waktu

12 jam dalam kontainer ikan yang diberi slurry es (40 % es dan 60 % air). Hasil yang diperoleh antara lain pada hari ke-0 sampai hari ke-8 komposisi histidin ikan kembung dengan ozon lebih tinggi dibanding komposisi ikan kembung tanpa ozon. Sedangkan komposisi tirosin dan penillanin pada ikan kembung dengan ozon dan tanpa ozon tidak jauh berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi ozon 2,5 ppm masih aman digunakan dalam menjaga kualitas asam amino ikan kembung. Tidak hanya pada histidin, tirosin dan penillanin namun, kualitas asam amino secara keseluruhan pada ikan yang diberi perlakuan ozon dengan konsentrasi 2,5 ppm masih terjaga. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 1 lampiran 3 komposisi asam amino yang terukur pada hari ke 0-12. Sebagian besar dari 14 asam amino yang terukur pada ikan kembung, komposisi asam amino dengan ozon lebih tinggi dibandingkan ikan kembung tanpa ozon.

Kesimpulan

Produksi ozon dalam reaktor DBDP telah dilakukan dengan memvariasi tegangan dan panjang reaktor. Konsentrasi ozon terus mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya tegangan yang diberikan, perubahan panjang reaktor dan laju alir udara kecil. Reaktor dengan panjang 15 cm menghasilkan konsentrasi yang paling tinggi dari setiap variasi laju alir udara dan tegangan yang diberikan. Kualitas asam amino pada ikan kembung (*Rastrelliger sp.*) yang diberi ozon selama 12 hari penyimpanan menunjukkan bahwa ozon dapat menjaga kualitas asam amino ikan kembung.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Penelitian Program Sinas/ Teknologi Pangan/ Riset Terapan (RT), Kementrian Riset dan Teknologi Indonesia yang telah mendukung karya ini.

Daftar Pustaka

- [1] Simosaki M, Hayashi N, Ihara, S, Satoh S, Yamabe C, *Effect of Trigger Electrodes Configuration of a Double Discharge Ozonizer on Ozone Generation characteristics*, 2004, *Vacum* 73, 573-577.
- [2] Maslennikov, Oleg V, Claudia N, Kontorshchikova, Irina A. Gribkova, 2008, *Ozone therapy in Practice*. Health Manual, Ministry Health Service Of The Russian Federation The State Medical Academy Of Nizhny Novgorod, Russia.
- [3] Park S.L, Moon J.D, Lee S.H, Shin S.Y, 2006. *Effective Ozone Generation Utilizing a Meshed-Plate Electrode in a Dielectric Barrier Discharge Type Ozone Generator*, *Journal of Electrostatics* 64, 275-282.
- [4] Sung T.-L, Teii S, Liu C.-M, Hsiao R.-C, Chen P.-C, Wu Y.-H, Yang C.-K, Teii K, Ono S, Ebihara K, 2013, *Effect of Pulse Power Characteristics ana Gas Flow Rate on Ozone Production in a Cylindrical Dielectric Barrier Discharge Ozonizer*, *Vacum* 90, 65-69.
- [5] Fang Z, Qiu Y, Sun Y, Wang H, Edmund K, 2008, *Experimental study on discharge characteristics and ozone generation of dielectric barrier discharge in a cylinder-cylinder reactor and a wire-cylinder reactor*, *Journal of Electrostatics* 66, 421-426, elsevier.
- [6] Korzekwa R, 1998, *Eksperimental Result Comparing Pulsed Corona and Dielectric Barrier Discharge for Pollution Control*, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos.
- [7] Loeb L.B, 1965. *Electrical Coronas: Their Base Physical Mechanism*. University of California Press, Berkely.

- [8] Kim T.H, Kim S.J, 2011, *Development of a Helium Flow Sensor Based on Dielectric Barrier Discharge at Atmospheric Pressure*, Sensors and Actuators A167, 297–303.
- [9] Wang C, Zhang G, Wang X, He X, 2010, *The Effect of Air Plasma on Barrier Dielectric Surface in Dielectric Barrier Discharge*, Applied Surface Science 257, 1698-1702.

