

PERBANDINGAN BENTUK GEOMETRI ELEKTRODA DALAM PEMBUATAN REAKTOR PELUAHAN PENGHALANG DIELEKTRIK UNTUK PRODUKSI GAS OZON

Mochammad Facta*)

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

**)E-mail: facta@elektro.undip.ac.id*

Abstrak

Permintaan besar desinfektan yang ramah lingkungan dan efektif semakin meningkat. Ozon merupakan salah satu oksidan yang menguntungkan untuk digunakan dalam alat rumah tangga dan industri sebagai desinfektan untuk pengolahan makanan, penyimpanan makanan, bau pengurangan, remediasi air tanah, dan minum pemurnian air. Dalam makalah ini diusulkan penggunaan reaktor produksi gas ozon yang dimodifikasi untuk dapat menghasilkan ozon dalam tekanan atmosfer dengan tegangan yang lebih rendah. Reaktor ozon terbuat dari plat elektroda dan lembar isolasi yang disusun sedemikian rupa untuk membuat reaktor dengan prinsip peluahan penghalang dielektrik atau dielectric barrier discharge. Lembaran elektroda terbuat dari berbagai bentuk geometri berlubang dan bahan isolasi terbuat dari isolasi tipis yang memiliki tingkat tegangan dadal dielektrik rendah. Dengan kombinasi bahan tersebut diharapkan mampu menghasilkan peluahan mikro dengan tegangan awal yang rendah.

Kata kunci: peluahan penghalang dielektrik, pembangkitan ozon, tegangan tinggi, elektroda, isolasi

Abstract

Demand for environmentally friendly disinfectants effective and increased. Ozone is one of the favorable oxidants for use in household and industry as a disinfectant for food processing, food storage, odor reduction, groundwater remediation and drinking water purification. In this paper proposed the use of ozone gas production reactors were modified to produce ozone in atmospheric pressure with a lower voltage. Ozone reactor was made from plate electrodes and insulating sheets are arranged in such a way to make the reactor with dielectric barrier discharge principle or dielectric barrier discharge. The plate electrodes were constructed in different shapes and perforated geometries. The insulation material was made from thin insulation which has a low dielectric breakdown voltage. The combination of these materials is expected to generate a micro discharge with a low initial voltage.

Keywords: dielectric barrier discharge, ozone generation, high voltage, electrode, insulation

1. Pendahuluan

Saat ini, ozon banyak digunakan dalam aplikasi industri dan domestik pemutih dan desinfektan. Penerapan ozon dalam aplikasi ini berkembang pesat sehingga perlu perbaikan dalam sistem pembangkitan.

Metode terbaik dan paling ekonomis untuk menghasilkan ozon dalam tekanan atmosfer normal adalah dengan menggunakan konsep peluahan dielektrik [1, 2] tapi banyak kemajuan masih harus dilakukan untuk meningkatkan efisiensi keseluruhan dari reaktor yang ada. Dalam proses ini, gas ozon diproduksi melalui pemacahan elektron oksigen atau molekul udara dalam tabung

berbasis kaca penghalang. Penembakan elektron pada molekul oksigen membuat atom – atom oksigen terpisah, kemudian mereka bergabung kembali dengan atom lain atau dengan molekul oksigen lain untuk membentuk gas ozon. Inputan gas dialirkan ke dalam tabung dengan celah udara 1 – 3 mm. Pada satu sisi celah terdapat elektroda logam yang terhubung dengan pengetnahan dan pada sisi lain terdapat bahan isolasi dielektrik seperti kaca atau keramik yang dilekatkan dengan elektroda. Elektroda dengan bahan isolasi terhubung dengan sumber tegangan tinggi.

Secara konvensional pembangkitan tegangan tinggi dilakukan dalam frekuensi rendah (50Hz) melalui tinggi transformator tegangan tinggi. Sistem ini membutuhkan

tegangan output yang sangat tinggi, karena mereka harus beroperasi dekat dengan nilai tegangan dadal dari bahan isolasi. Biasanya tegangan tinggi 20 kV diperlukan untuk menciptakan peluahan untuk setiap 1 mm udara dalam reaktor peluahan penghalang dielektrik. Hal ini menimbulkan kendala. Kendala pertama adalah ketidakmampuan beberapa bahan isolasi untuk menahan stres yang tinggi. Kedua, tegangan tinggi membatasi ukuran celah yang ada sehingga volume pembentukan gas ozon semakin kecil dan berakibat mengurangi produksi gas ozon. Ketiga, penggunaan tegangan tinggi mungkin tidak banyak disukai untuk aplikasi domestik seperti pengolahan air rumah..

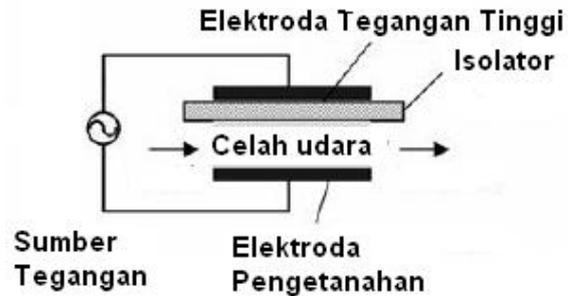
Baru-baru ini penggunaan frekuensi tinggi dalam frekuensi tinggi (dalam kisaran puluhan KHz) memungkinkan untuk peningkatan densitas daya diterapkan pada permukaan elektroda ozon generator. Hal ini menyebabkan peningkatan produksi ozon untuk luas permukaan tertentu, sekaligus mengurangi tegangan puncak diperlukan. Pada intinya, hasil frekuensi penembakan elektron lebih tinggi sehingga kepadatan ozon yang dihasilkan juga lebih tinggi dengan tegangan awal yang lebih rendah [3]. Penggunaan tegangan yang lebih rendah dapat dilakukan dengan menggunakan bahan dielektrik yang memiliki tingkat tegangan dadal yang lebih rendah. Satu daya dengan frekuensi tinggi lebih kompak dalam ukuran atau dimensi. Tegangan rendah juga jauh lebih dapat diterima untuk aplikasi domestik karena tidak perlu penanganan khusus yang biasanya diperlukan untuk peralatan tegangan tinggi.

Dalam tulisan ini, beberapa modifikasi reaktor ozon diusulkan dan rangkaian konverter a frekuensi tinggi sederhana jenis inverter dorong tarik (push pull) digunakan sebagai catu daya untuk reaktor ozon dengan menggunakan transformator inti ferit.

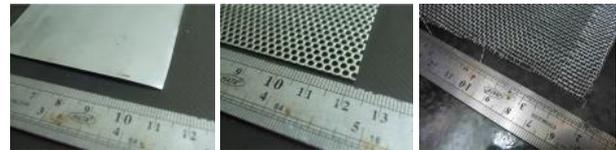
2. Metode

Konfigurasi dasar pembangkitan ozon ditunjukkan pada Gambar .1. Prinsip operasi dari gas ozon terdiri dari penerapan tegangan tinggi antara dua plat konduktor paralel dengan celah udara di dalam ruang beribahan dielektrik. Tegangan tinggi menghasilkan fenomena yang dikenal sebagai peluahan diam (silent diercharge) atau efek korona. Peluahan akan menghasilkan electron yang memutus molekul oksigen ke dalam atom tunggal oksigen. Oksigen atom tunggal ini akan bergabung dengan oksigen molekul lain untuk menghasilkan ozon. Agar tidak terjadi peluahan hubung singkat dan untuk mempertahankan peluahan diam maka dielektrik antara celah udara ditambahkan pada salah satu elektroda[4-6]. Di reaktor ozon konvensional, elektroda bidang atau pelat adalah elektroda yang paling umum digunakan. Elektroda diletakkan secara paralel satu sama lain. Bahan isolasi dielektrik disisipkan di antara celah udara atau dilekatkan pada salah satu elektroda. Dalam reaktor ozon yang

dimodifikasi, elektroda pelat, berlubang dan jaring digunakan. Elektroda ini dimasukkan secara paralel satu sama lain dan selembur mika digunakan sebagai isolator melekat pada satu sisi elektroda. Bentuk elektroda ditunjukkan pada Gambar 2.

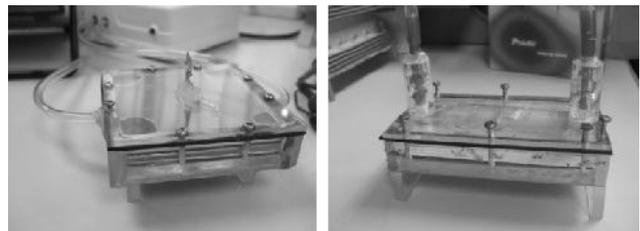


Gambar 1 Konfigurasi Dasar Reaktor Pembangkit Ozon



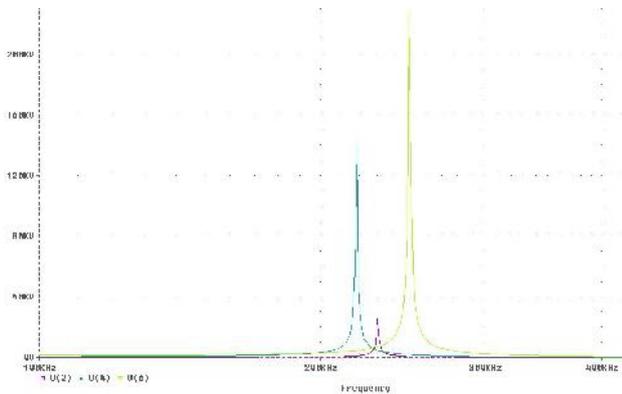
Gambar 2. Elektroda berbentuk bidang, berlubang dan jaring

Elektroda dan material dielektrik dimasukkan ke dalam kotak akrilik. Terdapat tabung selang masukan dalam kotak akrilik udara atau gas akan diinjeksikan dan juga terdapat lubang saluran keluaran tempat ozon akan dikeluarkan. Prototipe reaktor ozon ditunjukkan pada Gambar 3.



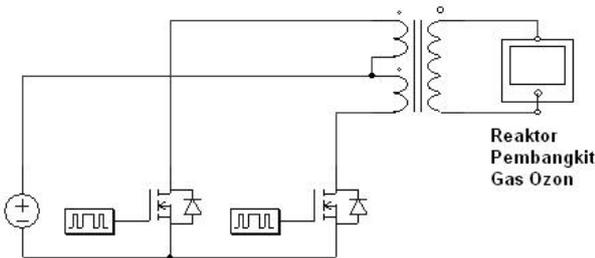
Gambar 3. Prototipe reaktor ozon

Selanjutnya berdasarkan nilai kesetaraan reaktor yang diperoleh dengan menggunakan LCR meter berpresisi tinggi, frekuensi resonansi dari rangkaian dapat diprediksi dengan menggunakan program penyapu AC (AC Sweep Program) yang terdapat pada perangkat lunak PSpice versi 6,0. Hasil yang diperoleh pada Gambar 4 menunjukkan bahwa pada frekuensi tertentu, tegangan akan mencapai nilai maksimum. Frekuensi ini dikenal sebagai resonansi.



Gambar 4 Respon frekuensi prediksi untuk model linier ozon ruang

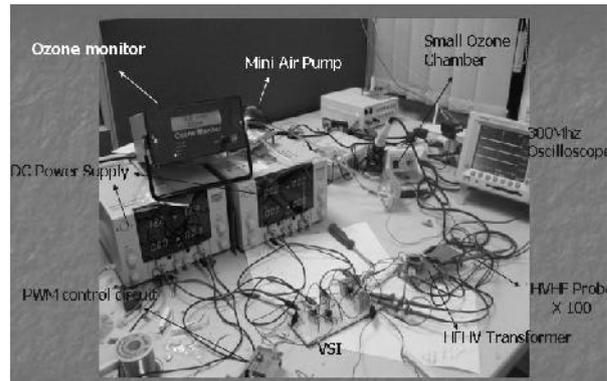
Reaktor ozon yang dibuat memerlukan sumber listrik yang dapat bervariasi besar tegangan maupun frekuensinya. Jenis sumber listrik dapat dibuat dari konverter daya listrik dengan menggunakan inverter [7, 8]. Dalam makalah ini inverter jenis tarik dorong (push pull) digunakan untuk mencatu daya listrik ke reaktor ozon. Rangkaian inverter dorong tarik ditunjukkan pada Gambar 5



Gambar 5 Rangkaian inverter dorong tarik yang mencatu reaktor ozon

3. Hasil dan Analisa

Rangkaian percobaan dalam penelitian ini terdiri dari pompa udara mini untuk pasokan udara, sumber daya arus searah, jenis dorong tarik, dan reaktor ozon. Beberapa instrumen disertakan untuk mengukur parameter listrik dan produksi ozon. Bentuk gelombang tegangan yang dihasilkan oleh inverter diamati dengan menggunakan Osiloskop Tektronix TD3000series 300 MHz yang dilengkapi dengan frekuensi tinggi probe tegangan tinggi dengan pelemahan x100. Monitor ozon digunakan untuk memantau produksi ozon. Monitor ozon ini dapat ozon keluaran dalam skala atau $\mu\text{g} / \text{m}^3$. Konfigurasi sistem yang lengkap ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Konfigurasi sistem percobaan generasi ozon

Dalam percobaan digunakan 7 jenis elektroda dengan bentuk dan bahan yang berbeda yakni:

- pelat baja tahan karat,
- tembaga berlubang,
- jaring kawat aluminium,
- pelat aluminium,
- aluminium berlubang-lubang dengan diameter 1,2 mm
- aluminium berlubang-kubang dengan diameter 2 mm

Terdapat 4 elektroda yang dipasang pada reaktor ozone yang yang memberikan kuantitas ozon rata-rata lebih dari $30 \mu\text{g} / \text{m}^3$. Reaktor tersebut adalah reaktor yang menggunakan elektroda jaring kawat aluminium, tembaga berlubang dengan diameter lubang 2,0 mm, aluminium berlubang dengan diameter lubang 1,2 dan 2,0 mm. Perbandingan produksi ozon ruang untuk tujuh jenis elektroda ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Perbandingan produksi reaktor ozon dengan elektroda berbeda

Dari percobaan diatas bentuk geometri yang cenderung kecil dan tajam dan tersebar di setiap permukaan elektroda akan mempengaruhi besarnya peluahan dan energi yang diperlukan saat peluahan awal. Elektron akan lebih mudah melepaskan diri dari elektroda secara langsung atau secara tidak langsung melalui prinsip induksi elektron pada permukaan elektroda yang runcing dan tajam [9-11].

Selain pengaruh bentuk geometri elektroda yang digunakan, perbedaan yang terjadi dalam jumlah produksi ozon juga disebabkan oleh kondisi yang ada selama percobaan. Hal ini dikarenakan gas masukan adalah udara biasa. Jumlah oksigen dan nitrogen dalam udara serta rasio oksigen terhadap gas lainnya dalam udara masukan akan memberikan pengaruh terhadap produksi ozon.

4. Kesimpulan

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Beberapa reaktor ozon dengan elektroda yang berbeda dengan dicatu oleh konverter daya jenis inverter dorong-tarik ber frekuensi dan tegangan tinggi untuk pembangkitan ozon dengan telah disajikan.
2. Di antara beberapa jenis elektroda yang dicobakan, elektroda jenis jarring dan berlubang-lubang memberikan pengaruh pada reaktor ozon untuk menghasilkan ozon yang lebih tinggi.
3. Penggunaan inverter jenis dorong tarik telah berhasil dilakukan untuk menghasilkan tegangan dan tegangan frekuensi tinggi sebagai catu daya reaktor pembangkit ozon.

Referensi

- [1]. V. S.-v. d. Gathen, "Atmospheric Pressure Glow Discharges for Surface Treatment: Selected examples," presented at the XXVIIth ICPIG High-pressure, non-thermal plasmas, Eindhoven, Netherlands, 2005.
- [2]. A. Fridman, *et al.*, "Topical Review: Non thermal Atmospheric Pressure Discharge," *Journal Physics D: Application Physics*, vol. 38, pp. R1-R24, 2005.
- [3]. J. M. Alonso, *et al.*, "Analysis, Design, and Experimentation of a High-Voltage Power Supply for Ozone Generation Based on Current-Fed Parallel-Resonant Push-Pull Inverter," *IEEE transactions on Industry Applications*, vol. 41, pp. 1364-1372, September/October 2005.
- [4]. Silva. M Ponce., *et al.*, "Single switch Power Supply based on the Class E Shunt Amplifier for Ozone Generators," presented at the 38th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference, Orlando, Florida, 2007.
- [5]. E. G. Dinu, "Dielektrik behinderte Barrierentladungen für großflächige Plasmabehandlungen, Doctoral Thesis," Doctoral Thesis, Wuppertal Bukarest, 2005.
- [6]. A. Chikorov, *et al.*, "Atmospheric Pressure Plasma of Dielectric Barrier Discharge," *Pure Appl. Chem.*, vol. 77, 2005.
- [7]. M. Facta, *et al.*, "Low Voltage High Frequency Power Converter for Dielectric Barrier Discharge Chamber in Ozone Generation," in *6th Regional Annual Fundamental Science Seminar 2008 (RAFSS 2008)*, Ibnu Sina Institute, 2008
- [8]. M. Facta, *et al.*, "The Comparison of Conventional and Modified Dielectric Barrier Discharge Chamber to Produce Lower Power Consumption for Ozone Gas Generation," in *International Graduate Conference on Engineering and Science (IGCES) 2008*, UTM Skudai Malaysia, 2008.
- [9]. A. Fridman, A. Chirokov; A. Gutsol, "Non-thermal atmospheric pressure discharges," *Journal of Physics D: Applied Physics*, pp. R1-R24(1), 21 January 2005.
- [10]. Y. P. Raizer, *gas Discharge Physics*: Springer Verlag, 1991.
- [11]. Hideki Ueno, *et al.*, "Influence of Needle Tip Distance on Barrier Discharge and Ozone Generation for Multiple Needle-and-Plane Electrode Configuration," *Electronics and Communications*, vol. 93, pp. 32-41, 2010.