

PROTOTYPE SISTEM DESINFEKTAN DALAM AIR DENGAN PLASMA OZONIZER 100 W

Widdi Usada, Suryadi, Agus Purwadi, Isyuniarto, Mintolo
Puslitbang Teknologi Maju-BATAN

ABSTRAK

PROTOTYPE SISTEM DISINFEKTAN DALAM AIR DENGAN PLASMA OZONIZER 100 W. Telah dikonstruksi 1 unit ozonizer 100 W yang dapat diaplikasikan untuk netralisasi berbagai jenis limbah, disinfektans dan lain sebagainya. Ozonizer yang dibuat terdiri dari sumber daya listrik dan tabung ozonizer. Sumber daya listrik generator ozon terdiri dari sumber daya arus searah, rangkaian osilator, rangkaian penguat daya serta transformator penguat tegangan Sistem sumber daya generator ozon dapat memberikan daya 100 W dengan tegangan maksimum 25 kV. Empat tabung ozonizer identik dipasang paralel untuk mendapatkan luas permukaan lucutan yang besar, dan masing-masing tabung tersebut terdiri dari katoda dari bahan stainless steel (SS) dan anoda dari bahan aluminium (Al). Katode dan Anode masing-masing berukuran garis tengah 23 mm dan 15 mm, serta panjang dan tebalnya sama yakni masing-masing 190 mm dan 1 mm. Anode dilapisi dengan silinder dielektrik dari bahan gelas dengan garis tengah 18 mm, panjang 200 mm dan tebal 1 mm. Piranti ini memberikan laju produksi ozon sebesar 0.2 mg/detik

ABSTRACT

PLASMA OZONIZER OF 100 W PROTOTYPE SYSTEM FOR WATER DISINFECTANS. One unit plasma ozonizer of 100 W which can be used for neutralizing of several kinds of waste, disinfectans and others has been constructed. This home made ozonizer consists of an electrical power source and ozonizer tubes. The electrical power source its self consists of DC power source, oscillator, power amplifier circuits and an transformer for voltage amplification. This power source can give electrical power of 100 W and its maximum voltage of 25 kV. Four identical ozonizer tubes are mounted in parallel to get a wider discharge surface area, and each of them consists of an stainless steel cathode and aluminum anode. Cathode and anode have diameter of 23 and 15 mm, respectively, the same length and thickness of 190 and 1 mm respectively. The anode is enveloped by a dielectric glass silinder which has 18 mm of diameter, 200 mm of length and 1 mm of thickness. This equipment gives ozone production rate of 0.2 mg/sec.

PENDAHULUAN

Berbagai ukuran terpenuhinya kondisi masyarakat sejahtera diantaranya adalah perumahan dengan lingkungan sehat, terpenuhinya kebutuhan sandang dan pangan, kesehatan dan energi di samping kebutuhan penting lainnya seperti pendidikan, rekreasi dan lain sebagainya. Perumahan dan lingkungan sehat tidak terlepas pula dari unsur pendukung utama diantaranya adalah terpenuhinya persyaratan kualitas dan kuantitas air, atmosfer yang bebas unsur beracun. Kebutuhan sandang dan pangan khususnya pangan tidak terlepas dari terbebasnya dari unsur penyakit di samping nilai gizinya. Unsur energi, meskipun termasuk di dalam kebutuhan utama namun proses keberadaannya masih memerlukan persyaratan lainnya diantaranya dampak lingkungan.⁽¹⁾

Beberapa masalah kualitas air adalah ke-

mungkinan air mengandung pestisida, logam, ataupun berbagai jenis bakteri, sehingga air akan menjadi keruh atau berbau.

Sejumlah cara untuk mengatasi problem di atas diantaranya adalah dengan metode fotooksidasi dengan menggunakan sinar UV maupun ultravakum UV, klorinasi, magnetik, membran, penyaringan dengan zeolit dan lain sebagainya.

Persoalan yang dijumpai dalam teknologi penanganan kualitas air disamping efisiensi juga teknoeconomisnya.

Persoalan-persoalan di atas merupakan tantangan besar yang membutuhkan penanganan yang seringkali memerlukan unsur ilmu dan teknologi maju disamping biaya yang besar. Oleh karena itu penanganannya selain bersifat komprehensif yang didukung berbagai disiplin ilmu dan beraneka teknologi.

Salah satu teknologi unggulan dari beraneka teknologi unggulan lainnya adalah teknologi lucutan plasma terhalang dielektrik. (LPTD) yaitu lucutan plasma tak setimbang pada kondisi tekanan atmosferik yang diperoleh bila salah satu elektrodanya atau kedua elektrodanya diberi lapisan dielektrik. Lucutan pada tekanan ini ditunjukkan oleh munculnya sebegitu banyak lucutan mikro berumur pendek yang terdistribusi secara acak. Lucutan mikro ini merupakan sumber elektron yang merupakan peran utama dalam pembentukan molekul atau atom radikal. Seperti diketahui bahwa radikal adalah atom atau molekul yang bersifat reaktif. Keunggulan sifat reaktif ini digunakan dalam pembentukan ozon (molekul oksigen beratomb tiga) yang berfungsi pembunuh virus, bakteri sehingga dimanfaatkan untuk terapi, pengawet bahan pangan, penyegar ruangan, penghilang warna atau noda, perusak gas racun, dan perlakuan tekstil. Disamping itu lucutan ini juga sebagai pemacu teknologi dalam penampil televisi layar datar serta teknologi laser.

Dengan kemampuan di atas maka dalam makalah ini akan dijelaskan pembuatan ozonizer yang dimanfaatkan untuk desinfektan air.

Berkaitan dengan masalah kualitas air maka di bawah ini ditunjukkan karakteristik dan beberapa keunggulan ozon.

Ozon mempunyai karakteristik seperti diperlihatkan Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Ozon.

ITEM	KARAKTERISTIK
Titik lebur	- 192,7 °C
Titik didih	- 111,9 °C
Kemampuan mengoksidasi	Terkuat kedua setelah fluorine
Konsentrasi yang diijinkan	0,1 ppm (volume)
Ambang dapat dibau	0,02 ppm (volume)
Kecepatan urai	Di udara: 16 jam, Di air : 15-30 menit
Kelarutan	570 mg/l (pada suhu rata-rata di air)

Sedangkan Tabel 2. menunjukkan kemampuan ozon mengurangi pestisida di permukaan produk makanan

Tabel 2. Kemampuan ozon mengurangi pestisida di permukaan produk makanan.

Jenis Pestisida	Konsentrasi sebelum Pencelupan dalam air ozon (ppm)	Konsentrasi setelah pencelupan dalam air ozon (ppm)
DDT	0.057	< 0.0005
PCP	71.0	< 0.5
Malathion	55.0	< 0.1
Baygon	49.0	< 0.1
Vapam	70.0	< 0.5

Catatan : dengan piranti generator ozon 15 watt, laju alir udara 2,5 l/menit, waktu ozonisasi sekitar 15-20 menit, dengan konsentrasi ozon 100 ppm, dan laju ozon 210 mg/jam atau 0.05 mg/detik

Tabel 3. menunjukkan kemampuan oksidasi dan reduksi sejumlah oksidan.

Tabel 3. Potensial oksidasi-reduksi sejumlah oksidan.

Oksidan	Potensial (Volt dlm 25 °C)
Ozon	2.87
Peroksida	1.76
Hypochlorite (HOCl)	1.49
Chlorine (Cl ₂)	1.39
Bromine	1.07

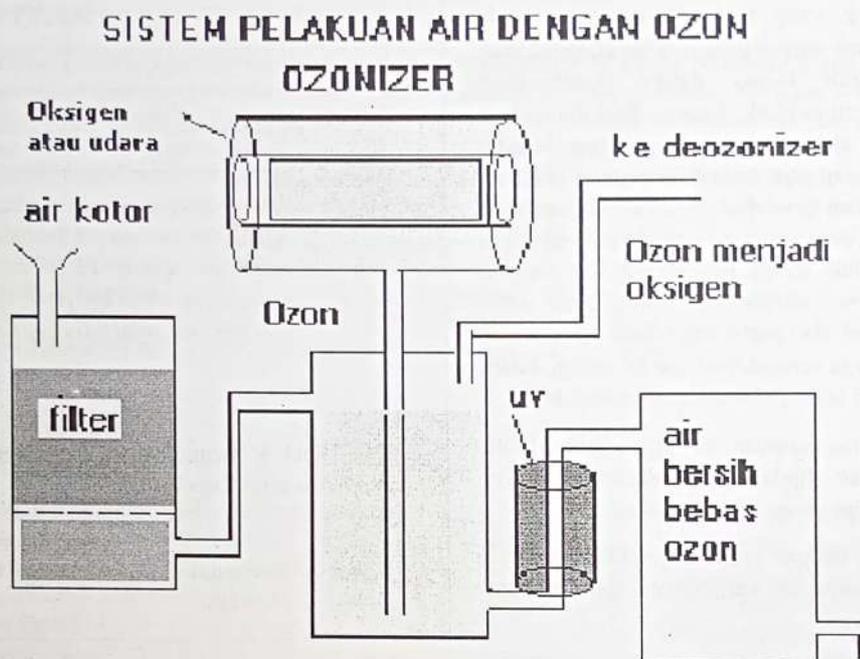
TATA KERJA

Salah satu contoh metode perlakuan air dengan teknologi lucutan plasma terhalang dielektrik yang menghasilkan gas ozon diperlihatkan pada Gambar 1.

Sebagai gas umpan adalah udara atau oksigen (O₂) yang dilewatkan ke piranti pembuat gas ozon (ozonizer) dan keluarannya berupa gas ozon (O₃). Ozon yang dihasilkan diumpankan ke tandon air kedua yang diisi oleh tandon air pertama yang dilengkapi dengan filter. Filter di tandon pertama dapat berupa lapisan batu pecah agak besar, batu pecah kecil, pasir dan ijuk sehingga kotoran kasar

sudah tersaring di tandon pertama. Di tandon ke dua air keruh dan kaya dengan BOD serta COD akan dinetralkan oleh ozon. Kemudian air di tandon kedua dilewatkan pipa yang diberi lampu UV yang berfungsi pemecah ozon akan ditampung di tandon ketiga dan diperoleh air bersih bebas ozon. Oleh

lampu UV ozon dipecah menjadi molekul oksigen dua atomik yang sangat diperlukan oleh tubuh manusia. Untuk melindungi lingkungan agar bebas ozon maka cerobong pembuang ozon dilengkapi dengan sistem pemecah ozon yang dapat berupa lampu UV lagi.



Gambar 1. Salah satu metode perlakuan air dengan ozon.

Sistem sederhana di atas hanya berlaku untuk air yang dibersihkan tidak mengandung logam-logam beracun. Untuk air mengandung logam beracun diperlukan penambahan sistem pengikat logam beracun yang biasanya logam berat dapat berupa zeolit atau sistem magnetik. Perlu diperhatikan pula metode ozonisasi hanya baik untuk larutan yang pH-nya lebih besar dari pada 7.

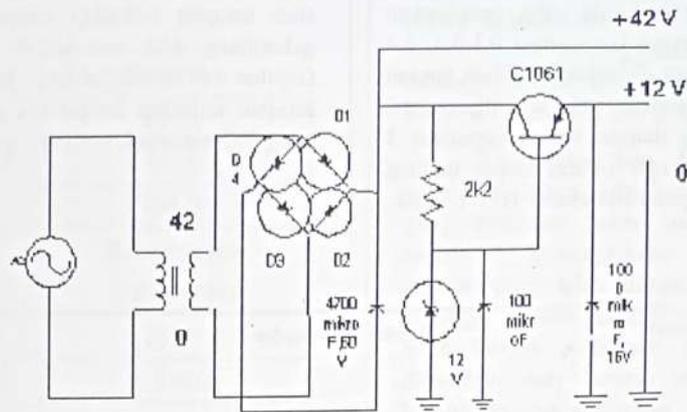
PERCOBAAN

Pembuatan sumber daya ozonizer 100 W secara garis besar telah ditunjukkan dalam makalah terdahulu,⁽²⁾ yaitu berupa pembuatan rangkaian sumber daya DC yang mampu memberikan tegangan 12 V dan 42 V, rangkaian osilator, rangkaian penguat daya dan yang terakhir disambungkan dengan penguat tegangan tinggi. Perbedaan utama adalah rangkaian penguat daya dan penguat tegangan tinggi masing-masing terdiri dari 4 buah yang dipasang paralel, karena setiap penguat daya maupun tegangan tinggi dapat memberikan daya

sebesar 25 W, jadi untuk memperoleh daya 100 W tinggal dibuat 4 buah yang masing-masing dipasang paralel.

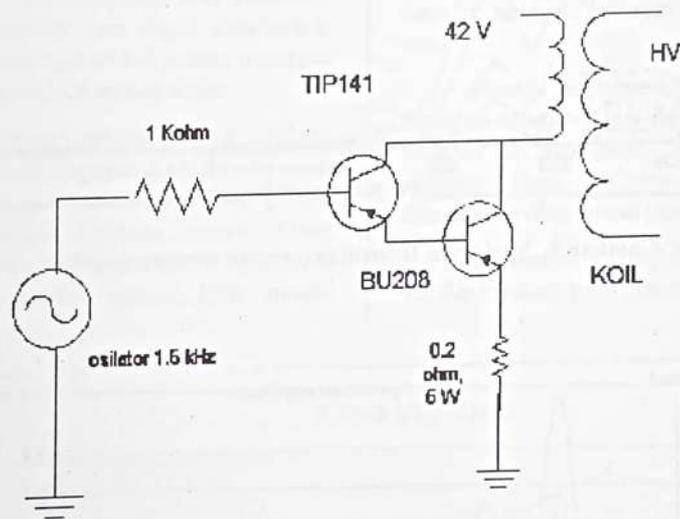
Gambar 2 menunjukkan rangkaian lengkap dari sumber daya ozonizer 100 W, yang terbagi menjadi rangkaian sumber daya searah (Gambar 2.a.), rangkaian osilator (Gambar 2.c.) dan rangkaian penguat daya untuk satu tabung reaktor ozonizer (Gambar 2.b.)

Sumber daya DC akan memberikan tegangan bias baik rangkaian osilator maupun rangkaian penguat daya. Rangkaian osilator akan akan memberikan tegangan kotak dengan frekuensi sekitar 1.5 kHz, kemudian luaran osilator dimasukkan ke rangkaian penguat daya sehingga daya akan bertambah yang selanjutnya luaran dari penguat daya dimasukkan ke transformator tegangan tinggi berupa koil sehingga tegangan luarannya sekitar 25 kV. Dengan tegangan sebesar ini maka cukup untuk melucutkan tabung reaktor yang apabila dimasukkan udara akan diperoleh gas ozon.

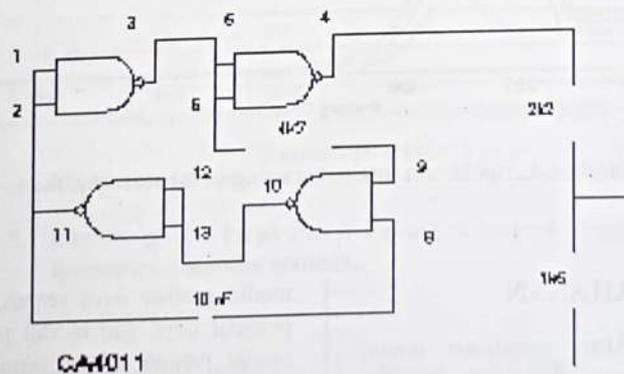


D1=D2=D3=D4=BR164

Gambar 2a. Rangkaian sumber daya searah.



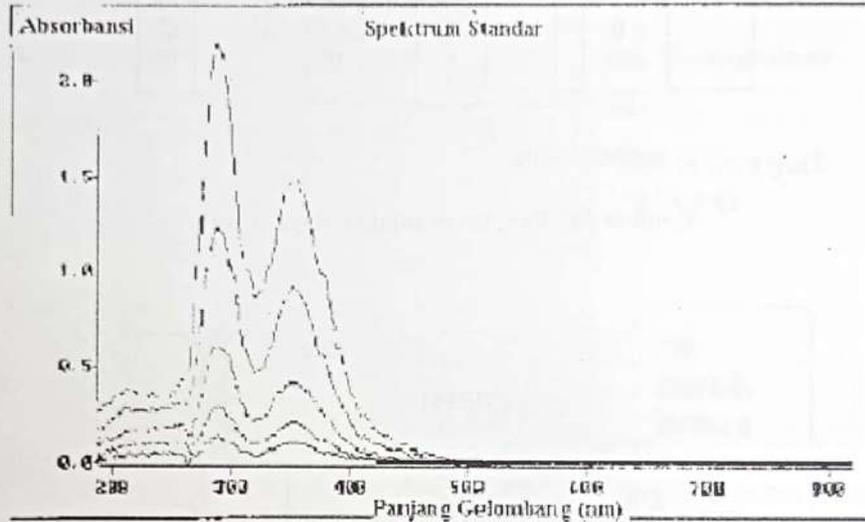
Gambar 2b. Rangkaian penguat daya.



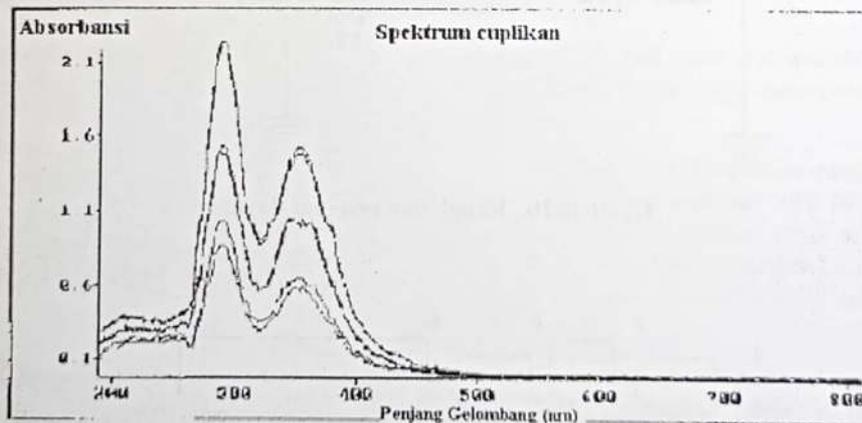
Gambar 2c. Rangkaian Osilator.

Piranti tersebut diuji laju produksi ozon dengan percobaan secara kimia yaitu menyiapkan yodine (I_2) standar dengan konsentrasi 0.1, 0.2, 0.4 dan 0.8 mol. Kemudian disiapkan cuplikan larutan KI dengan konsentrasi tertentu pula yang diozonisasi untuk mendapatkan I_2 dengan waktu ozonisasi 3 sampai 9 detik. Sebagai piranti untuk melihat konsentrasi I_2 adalah Spektrofotometer HPUV 2854.

Gambar 3. menunjukkan pengamatan intensitas serapan terhadap lampu UV pada panjang gelombang 352 nm untuk larutan standar dan Gambar 4 menunjukkan pengamatan intensitas serapan terhadap lampu UV pada panjang gelombang 352 nm untuk larutan cuplikan.



Gambar 3. Spektrum Intensitas serapan larutan standar.



Gambar 4. Spektrum intensitas serapan larutan cuplikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 4 menunjukkan spesifikasi umum piranti yang dibuat. Seperti piranti sejenis yang dibuat terdahulu maka sistem pembuatan piranti ozonizer yang dibuat adalah sistem modul, yaitu

modul sumber daya searah, modul osilator, modul penguat daya dan modul penguat tegangan tinggi, modul pompa udara, serta modul tabung reaktor plasmanya, sehingga bila ada masalah dalam piranti tersebut maka perbaikan dapat dilakukan dengan cepat.

Tabel 4. Spesifikasi umum piranti ozonizer 100 W.

Parameter Dasar	Besarnya
Tegangan Sumber	220 V
Frekuensi Sumber	50 Hz
Daya Maksimum	100 W
Tekanan pompa	Beberapa atm
Laju alir udara	2 liter/menit
Tegangan Luaran	25 kV
Frekuensi Luaran	1.5 kHz
Laju produksi ozon	0.2 mg/detik
Sistem kendali	<i>remote</i>

Salah satu keunggulan dari piranti yang dibuat ini adalah semua komponen baik elektronik maupun mekanik mudah dan dapat diperoleh di pasar setempat dan merupakan kelemahan mendasar karena pembuatan piranti ini mudah ditiru.

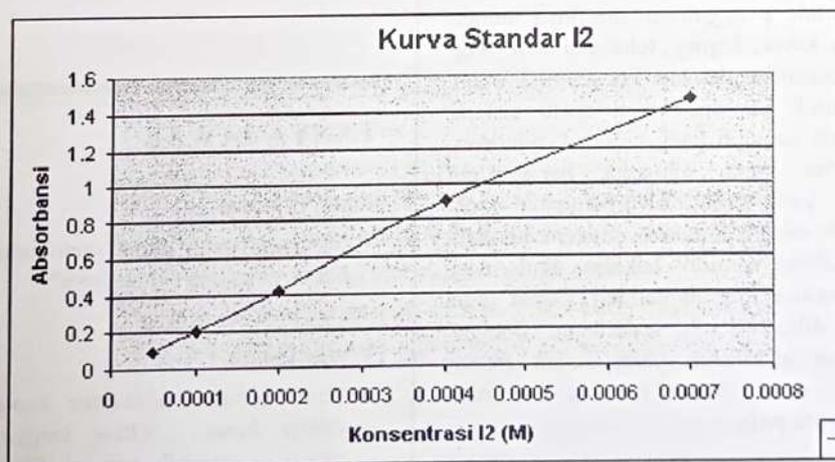
Peningkatan dari piranti yang dibuat sebelumnya adalah piranti terdahulu dilengkapi dengan *timer* untuk menentukan waktu nyala sedangkan piranti yang dibuat ini sudah dipasang *remote*. Maka keunggulan dari piranti yang dibuat ini, pengguna dapat menentukan sendiri berapa lama piranti

tersebut dinyalakan dengan sistem *remote*. Jadi sistem kendali piranti ini adalah sistem *remote*. Sistem *remote* berfungsi maksimum sekitar 3 - 4 m, sehingga antara pengguna dengan piranti harus berjarak lebih dekat dari 3 m.

Peningkatan lain dari piranti sebelumnya yang telah dibuat adalah hasil laju produksi ozon yang diperoleh lebih besar dari yang dibuat terdahulu, kemungkinan adalah sistem tabung reaktor yang telah dibuat lebih halus dan rata sehingga jumlah lucutan mikro lebih merata dan lebih banyak. Seperti diketahui bahwa ozon dihasilkan dari lucutan mikro, sehingga makin banyak lucutan mikronya makin besar pula laju produksi ozon. Dengan kehalusan dan meratanya tabung reaktor plasma yang dibuat maka akan diperoleh lucutan mikro yang seragam dan merata di seluruh permukaan luasan tabung reaktor plasmanya. Ketidakrataan permukaan luasan lucutan menyebabkan terjadinya lucutan busur (*arc*) atau lucutan tunggal sehingga produksi ozon sangat rendah.

Piranti *ozonizer* ini dioperasikan terus menerus selama 7 jam tidak menunjukkan adanya masalah dan suhu piranti praktis sama dengan suhu ruangan. Hasil ini sama dengan hasil yang ditunjukkan oleh piranti yang terbuat terdahulu.⁽²⁾

Gambar 5 menunjukkan kurva dari larutan standar berdasar pada Gambar 3.



Gambar 5. Kurva garis lurus tinggi hubungan antara tinggi serapan dan konsentrasi larutan standar.

Dari kurva garis lurus tersebut diperoleh persamaan garis lurusnya yaitu

$$y = 2346,8 x - 0,0156$$

dengan $r = 0,999$

y adalah absorbansi atau serapan dan
 x adalah konsentrasi (M)

Laju produksi ozon diperoleh sebesar 0.2 mg/detik, berarti untuk 1 Watt akan diperoleh laju produksi ozon sekitar 0.002 mg/detik

Hasil ini bila dibandingkan dengan piranti yang telah dibuat terdahulu yaitu hanya sekitar 0.0014 mg/detik, maka piranti yang dibuat menunjukkan hasil yang lebih baik, seperti diketahui bahwa lebar spektrum laju produksi ozon yang telah dikerjakan saat ini dengan jangkauan 0.001 sampai dengan 0.0025 mg/detik, maka hasil terakhir menunjukkan peningkatan yang berarti.

Dengan piranti segenerasi dengan daya 50 W dengan laju produksi ozon sekitar 0.07 mg/detik yang digunakan untuk netralisasi limbah industri kulit maka telah dapat diturunkan BOD dan COD masing-masing dari 590 dan 1380 menjadi 247 dan 492 dengan lama ozonisasi selama 70 menit. Maka dengan telah dibuatnya piranti lebih besar dayanya diharapkan peranannya dalam menurunkan kandungan BOD dan COD akan lebih nyata.

KESIMPULAN

Telah dibuat piranti *ozonizer* 100 W dengan laju produksi ozon sebesar 0.2 mg/detik. Hasil yang diperoleh ini menunjukkan peningkatan yang berarti dari hasil pembuatan terdahulu yang besar laju produksi ozon sekitar 0.0014 mg/detik untuk setiap watnya.⁽³⁾ Pengembangan pembuatan piranti ini perlu dikembangkan sesuai dengan kebutuhan di masyarakat. Contoh penggunaan misalnya untuk pengawetan buah, sayur, daging, telur dan ikan yang membutuhkan atmosfer dengan konsentrasi ozon tertentu.^(4,5) Untuk itu diperlukan suatu sistem kendali yang lebih canggih yang sistem kendalinya diatur sedemikian rupa sehingga persyaratan konsentrasi ozon yang terbaca oleh pemantau ozon akan dibaca oleh sistem kendali. Sistem kendali dapat memerintahkan piranti bekerja atau mati sesuai dengan perintah sistem kendali. Dapat juga sistem kendali dibuat lebih sederhana, dengan adanya rangkaian elektronik yang sudah diatur waktu nyalanya dalam waktu tertentu dan mati dalam waktu tertentu pula.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang besar-besarnya kepada Bapak Sudaryanto atas piranti bantuan teknis pembuatan piranti ini. Juga diucapkan terima kasih kepada Bapak Ir. Sucipta Msi sebagai pimpinan proyek Pengembangan Teknologi Limbah Nuklir. Laporan ini dibiayai

Proyek Pengembangan Teknologi Limbah Nuklir, Tolok Ukur F tahun 2003.

DAFTAR PUSTAKA

1. SWISTOCK, B.R., SHARPE, W.E., ROBILLARD P.D., *Treating Coliform Bacteria in Drinking Water*, in Home Water Treatment Perspective, published by College of Agriculture Sciences, Penn State Univ., May 2001.
2. WIDDI USADA SURYADI, AGUS PURWADI, ISYUNIARTO., *Konstruksi Sumber Daya Generator Ozon*, Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Litdas Iptek Nuklir, P3TM-BATAN, Yogyakarta, 27 Juni 2002.
3. AGUS PURWADI, WIDDI USADA, SURYADI, ISYUNIARTO., *Konstruksi Pembangkit Ozon Bentuk Silinder Dengan Teknik Lucutan Plasma*. Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Litdas Iptek Nuklir, P3TM-BATAN, Yogyakarta, 27 Juni 2002.
4. LIANGJI XU, *Use of Ozone to Improve the safety of Fresh Fruits and Vegetables*, Food Technology, vol. 53, no. 10, October, 1999.
5. KOGELSCHATZ U., ELIASSON B, *Ozone Generation and Applications*, in Handbook of Electrostatic Processes, edited by Chang J. S., Kelly, A.J., Crowley, J.M., Marcell Dekker, Inc, 1995.

TANYA JAWAB

Tono Wibowo

- Mengapa ozon dapat membunuh bibit penyakit/hama/virus dan sebagainya?

Widdi Usada

- Ozon sebagai oksidator mempunyai potensial cukup besar. Ozon sangat reaktif dengan senyawa organik, seperti diketahui bakteri atau virus adalah terdiri dari senyawa protein yang banyak mengandung senyawa organik. Jadi ozon akan merusak senyawa protein tersebut jadi musuh bakteri atau virus.

Budi Santosa

- Berapa frekuensi osilator yang digunakan?

- Apakah ada hubungan antara frekuensi osilator dengan ozon yang terbentuk.

Widdi Usada

- *Frekuensi osilator yang digunakan adalah 1,5 kHz. Biasanya yang digunakan ada ratusan Hz s/d puluhan kHz. Terlalu tinggi frekuensinya, terjadi lucutan Glow, dimana jumlah elektron sama dengan jumlah ion, dan ini tidak dapat digunakan sebagai penghasil ozon.*
- *Ada peneliti yang menyebutkan bahwa frekuensi berpengaruh terhadap ozon yang dihasilkan. Disini dipakai frekuensi rendah karena mungkin Nox yang dihasilkan bila digunakan udara sebagai gas masukan.*

Yunanto

- Apakah besarnya daya mempengaruhi kekuatan membunuh penyakit.
- Daya 100 W apakah dianggap cukup atau masih ditingkatkan.

Widdi Usada

- *Daya yang berpengaruh terhadap produksi ozon, jadi juga memperbesar kemampuan membunuh bakteri misalnya. Karena daya bunuh bakteri oleh ozon dipengaruhi oleh dosis ozon dan waktu pemaparan.*
- *Kita baru mampu membuat 100 W, tetapi dapat ditingkatkan tergantung kepada pesanan/pengguna. Misalnya PTP X pesan ozonizer 1 kW, tapi belum ada pembicaraan lanjut.*