

APLIKASI PEMBANGKIT TEGANGAN TINGGI IMPULS UNTUK PEMBUATAN REAKTOR OZON

Baharudin Yusuf^[1], Agung Warsito^[2], Abdul Syakur^[3], I Nyoman Widiasta^[4]
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedharto, SH, Tembalang, Semarang 50275
E-mail : yusuf.baharudin@yahoo.co.id

Abstrak

Perkembangan teknologi telah menjadi kebutuhan pokok di zaman modern ini. Kemajuan teknologi ini tentunya tidak hanya bertujuan untuk teknologi itu sendiri melainkan yang lebih penting adalah untuk kesejahteraan manusia. Dewasa ini industri makanan tumbuh dengan pesat. Kebersihan merupakan salah satu kunci dari mutu dan kualitas produk makanan ini. Dimana setiap produk makanan dapat terkontaminasi oleh bakteri atau virus setelah melalui proses panjang mulai dari pemilihan bahan baku, proses pemasakan, penyimpanan, kebersihan tempat pemrosesan dan transportasi.

Pemanfaatan teknologi ozon pada proses sterilisasi dilakukan dengan memanfaatkan air yang telah mengandung ozon atau air berozon. Dengan metode ini bahan baku makanan dapat dicuci dengan air yang telah mengandung ozon dengan tanpa kekhawatiran akan kerusakan pada bahan baku tersebut. Lebih daripada itu menggunakan air berozon dapat dipergunakan lebih luas untuk mencuci peralatan dan tempat memasak serta proses pengawetan produk makanan. Sehingga total biaya proses sterilisasi pada industri pangan dapat ditekan lebih rendah.

Pada tugas akhir ini dilakukan perancangan komponen - komponen pendukung sistem pembuatan air berozon atau reaktor ozon yaitu ruang sintesa ozon, pembangkit tegangan tinggi impuls dan komponen pendukung lainnya seperti pompa udara. Kemudian hasil dari reaktor ozon yang telah dibuat ini akan diuji dengan mereaksikan gas ozon yang dihasilkan reaktor dengan air. Hasil pengujian menunjukkan bahwa air yang diberi gas ozon dari reaktor ozon berubah warnanya menjadi pudar. Hal ini menunjukkan bahwa reaktor ozon yang dibuat telah menunjukkan hasil yang baik. Dengan perancangan ini diharapkan diperoleh alat pembuatan air berozon yang sangat berguna bagi kehidupan.

I. PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Seiring dengan berjalannya waktu kebutuhan manusia akan semakin meningkat dengan pesat. Hal ini memacu manusia untuk mengembangkan teknologi dalam upaya menciptakan kehidupan yang lebih baik. Hal ini tentunya membutuhkan biaya yang tidak sedikit. Oleh karena itu muncul berbagai industri dari Usaha Kecil Menengah (UKM), industri kecil, hingga mega industri yang dalam pembangunannya membutuhkan modal yang sangat besar.

Dewasa ini industri makanan jadi dan setengah jadi tumbuh dengan pesat terutama di kota-kota besar di Indonesia. Kebersihan merupakan salah satu kunci dari mutu dan kualitas produk makanan ini. Hal ini terjadi mengingat setiap produk makanan dapat terkontaminasi oleh bakteri atau virus setelah melalui proses panjang mulai dari pemilihan bahan baku, proses pemasakan, penyimpanan, kebersihan tempat pemrosesan dan transportasi.

Namun, proses sterilisasi pada bidang industri pangan umumnya masih berkisar pada pemanfaatan panas atau suhu tinggi, yang dalam beberapa proses pengolahan proses ini dapat merusak bahan baku. Selain dari itu metode sterilisasi lain, seperti penggunaan alkohol diperlukan dalam mencuci peralatan dan tempat memasak berlangsung. Hal ini mengakibatkan total proses sterilisasi memerlukan biaya yang cukup tinggi.

Pada penelitian ini pemanfaatan teknologi ozon pada proses sterilisasi dilakukan dengan memanfaatkan air yang telah mengandung ozon atau air berozon. Dengan metode ini bahan baku makanan dapat dicuci dengan air yang telah mengandung ozon dengan tanpa kekhawatiran akan kerusakan pada bahan baku tersebut. Lebih daripada itu menggunakan air berozon dapat dipergunakan lebih luas untuk mencuci peralatan dan tempat memasak serta proses pengawetan produk makanan. Sehingga total biaya proses sterilisasi pada industri pangan dapat ditekan lebih rendah.

Untuk itu dibutuhkan sebuah alat yang mampu memproduksi air berozon tersebut dengan waktu yang singkat dan tidak membutuhkan energi yang banyak. Untuk memproduksi ozon dibutuhkan sebuah pembangkit tegangan tinggi karena untuk memecah molekul O_2 (Oksigen) menjadi ion-ion oksigen (O^*) dibutuhkan suatu medan listrik yang cukup kuat. Hal ini bisa terjadi apabila O_2 (Oksigen) dilewatkan atau dikenai medan listrik yang cukup tinggi.

1.2 TUJUAN

Tujuan yang hendak dicapai dari tugas akhir ini adalah membuat suatu alat yang mampu menghasilkan ozon dengan mengaplikasikan tegangan tinggi untuk memperoleh medan listrik tinggi.

1.3 PEMBATAHAN MASALAH

Pada Tugas Akhir ini, pembahasan dibatasi pada batasan-batasan berikut ini :

1. Perancangan alat reaktor ozon meliputi pembuatan pembangkit tegangan tinggi impuls dan pembuatan ruang sintesa ozon.
2. Pembangkitan tegangan tinggi impuls dengan rangkaian *flyback converter*.
3. Ruang sintesa ozon dengan konfigurasi elektroda kawat-bidang.
4. Membahas efek penggunaan tegangan tinggi impuls untuk menghasilkan ozon sebagai fungsi waktu.
5. Membahas efek penggunaan tegangan tinggi impuls untuk menghasilkan ozon sebagai fungsi tegangan.
6. Membahas efek perubahan frekuensi tegangan tinggi impuls terhadap konsentrasi ozon yang dihasilkan.
7. Tidak mengukur besarnya nilai konsentrasi ozon yang dihasilkan oleh reaktor ozon.
8. Tidak membahas pengaruh kecepatan aliran udara terhadap banyaknya konsentrasi ozon yang terbentuk.
9. Penggunaan air fanta dan air tinta biru dalam pengujian hanya digunakan untuk melihat efek dari ozon terhadap zat warna.

II. DASAR TEORI

2.1 Ozon (O_3)

Ozon adalah molekul triatomik. Secara alamiah ozon terdapat di dalam lapisan stratosfer dan sebagian kecil dalam troposfer. Ozon terletak di stratosfer yaitu pada ketinggian antara 15 sampai 30 km dari permukaan air laut yang biasa dikenal dengan lapisan ozon. Ozon dihasilkan dari reaksi kimia. Ozon merupakan bahan beracun apabila dihirup dalam volume yang banyak. Ozon mempunyai bau menyengat. Ozon juga terbentuk pada kadar rendah dalam udara akibat arus listrik seperti kilat, dan oleh tenaga tinggi

[1] Mahasiswa Teknik Elektro UNDIP

[2],[3] Dosen Teknik Elektro UNDIP

[4] Dosen Teknik Kimia UNDIP

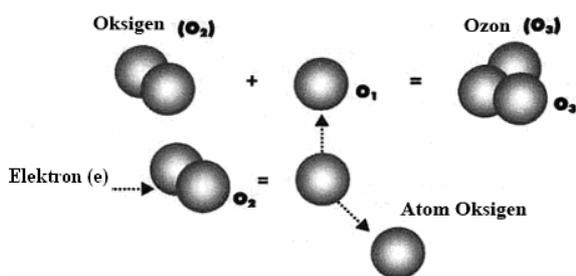
seperti radiasi elektromagnetik. Ozon pada muka bumi terbentuk oleh cahaya lampu ungu yang menguraikan molekul O₂ membentuk ion-ion oksigen (O^{*}). Unsur oksigen ini bergabung dengan molekul yang tidak terurai dan membentuk ozon (O₃).

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

2.1.1 Pembentukan Ozon Melalui Proses Tumbukan

Ozon dapat dibuat dengan melewati gas oksigen (O₂) pada daerah yang dikenai tegangan tinggi. Molekul oksigen (O₂) yang dikenai tegangan tinggi ini akan mengalami ionisasi yaitu proses terlepasnya suatu atom atau molekul dari ikatannya menjadi ion-ion oksigen (O^{*}). Molekul-molekul oksigen (O₂) yang terionisasi ini biasa disebut dalam kondisi plasma. Dimana plasma adalah partikel gas bermuatan yang terdiri dari pembawa muatan atau biasa yang disebut dengan ion yang terdiri dari ion positif, ion negatif, elektron dan radikal bebas. Plasma juga biasa disebut dengan materi fase keempat setelah padat, cair dan gas. Jenis-jenis dari ion oksigen (O^{*}) adalah O⁺, O₂⁺, O⁻, O₂⁻ dan O₃⁻. Kombinasi dari kesemuanya dapat menghasilkan ozon.

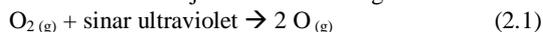
Dibawah ini merupakan gambar dari perubahan bentuk susunan atom oksigen menjadi molekul ozon (O₃) :



Gambar 2.1 Pembentukan gas ozon melalui proses tumbukan yang terjadi di antara molekul dengan elektron.

2.1.2 Pembentukan Ozon Melalui Proses Penyerapan Cahaya

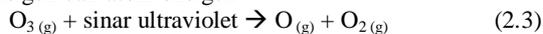
Baik gas oksigen (O₂) maupun ozon (O₃) dapat menyerap radiasi sinar ultraviolet. Gas oksigen dapat menyerap radiasi sinar ultraviolet dengan panjang gelombang kurang dari 240 nanometer, sedangkan ozon dapat menyerap radiasi sinar ultraviolet dengan panjang gelombang antara 240 nanometer sampai 290 nanometer. Apabila gas oksigen menyerap radiasi sinar ultraviolet dengan panjang gelombang kurang dari 240 nanometer, maka gas oksigen tersebut akan terurai menjadi dua atom oksigen.



Atom oksigen hasil reaksi tersebut sangat reaktif dan dapat bereaksi dengan O₂ dan membentuk ozon (O₃).



Reaksi ini bersifat eksotermik, dan akibat dari kedua reaksi tersebut adalah perubahan tiga molekul oksigen (O₂) menjadi dua molekul ozon (O₃) dan konversi radiasi sinar ultraviolet menjadi panas. Ozon (O₃) menyerap radiasi sinar ultraviolet dengan panjang gelombang antara 240 sampai 290 nanometer. Reaksi tersebut menyebabkan ozon (O₃) mengalami perubahan komposisi menjadi gas oksigen dan atom oksigen



Reaksi ini juga bersifat eksotermik, sehingga mengkonversi radiasi sinar ultraviolet menjadi panas.

2.1.3 Sifat-sifat Ozon

Ozon (O₃) dibentuk dari atom oksigen (O). Dalam keadaan paling stabil, atom oksigen berada dalam bentuk diatomic molekul O₂ atau yang biasa disebut dengan oksigen. Molekul ozon mengandung tiga atom oksigen dan lebih tidak stabil jika dibandingkan dengan molekul oksigen (O₂). Ozon merupakan gas yang sangat reaktif dan dalam konsentrasi tertentu bersifat racun dan dapat menyebabkan iritasi. Untuk lebih lengkapnya sifat-sifat ozon dapat dilihat seperti tabel 2.1 dibawah ini :

No	Keterangan	
1	Nama Sistematis	Trioxigen
2	Formula Molekul	O ₃
3	Penampakan	gas berwarna kebiru-biruan
4	Kepadatan	2.144 g·L ⁻¹ (0 °C),
5	bentuk zat	gas
6	daya larut dalam air	0.105 g·100mL ⁻¹ (0 °C)
7	titik beku	80.7 K, -192.5 °C
8	titik didih	161.3 K, -111.9 °C
9	standar entalpi (ΔfH°)solid	+142.3 kJ·mol ⁻¹
10	standar entropi (S°)solid	237.7 J·K ⁻¹ ·mol ⁻¹

Ozon berfungsi sebagai pelindung bumi, yaitu sebagai penyerap sinar ultraviolet yang sangat membahayakan kesehatan makhluk hidup di bumi. Ozon ternyata tidak hanya bermanfaat melindungi atmosfer bumi. Secara mikro, ozon juga bermanfaat bagi kesehatan manusia. Dengan oksidasi potensial yang tinggi ozon dapat dimanfaatkan untuk membunuh bakteri (sterilization), menghilangkan warna (decoloration), menghilangkan bau (deodorization), menguraikan senyawa organik (degradation). Ozon membunuh bakteri dengan cara merusak dinding sel bakteri sekaligus menguraikan bakteri tersebut. Hal ini berbeda dengan chlorine yang hanya mampu membunuh bakteri saja. Ozon digunakan dalam bidang pengobatan untuk mengobati penyakit diantaranya ialah untuk merawat kulit yang terbakar.

Pemanfaatan ozon untuk pengolahan limbah menghasilkan senyawa yang diterima oleh lingkungan. Penggunaan ozon sebagai desinfektan lebih efektif daripada penggunaan klor karena ketidakaktifan resisten bakteri dan virus.

Selain dari pada itu, ozon masih mempunyai kegunaan yang sangat banyak terutama dalam bidang perindustrian. Dalam bidang perindustrian, ozon dapat digunakan untuk :

- Memasmi kuman sebelum dikemas (antiseptik)
- Menghilangkan pencemaran dalam air (sterilisasi).
- Membantu kepada proses flocculation (proses penggabungan molekul dan membantu penapis menghilangkan besi dan arsenik).
- Mencuci, dan memutihkan kain.
- Membantu pewarnaan plastik.
- Sebagai bahan pengawet makanan.

Teknologi ozon tidak menimbulkan efek negatif seperti formalin karena langsung dapat berubah menjadi oksigen. Selain metoda pengawet ini murah, ozon juga mampu meluruhkan kontaminasi pestisida dan bakteri yang menempel pada buah sehingga aman dikonsumsi bagi kesehatan.

2.2 Pembangkit Tegangan Tinggi.

Secara garis besar pembangkit tegangan tinggi terdiri atas:

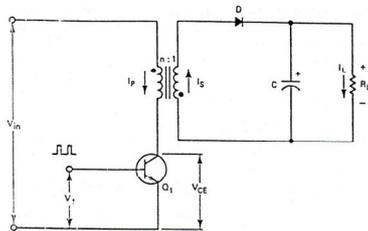
1. Pembangkit tegangan tinggi bolak-balik (AC).
2. Pembangkit tegangan tinggi searah (DC).
3. Pembangkit tegangan tinggi impuls

2.3 Flyback Converter

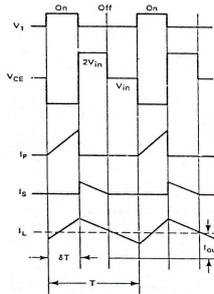
Sebuah *Flyback Converter* dapat dilihat seperti pada gambar 2.2. Rangkaian tersebut terdiri atas sebuah transistor frekuensi tinggi, transformator, sumber tegangan searah, dan sumber tegangan gelombang kotak.

Tabel 2.1 Struktur alotropik ozon

2.1.4 Kegunaan Ozon



Gambar 2.2 Flyback Converter



Gambar 2.3 Bentuk Gelombang Flyback Converter

Bentuk gelombang masukan dan keluaran dari Flyback Converter dapat dilihat seperti pada gambar 2.3 di atas.

Pensaklaran transistor dengan menggunakan Flyback Converter harus memperhatikan tegangan puncak kolektor pada saat mati dan arus puncak kolektor pada saat hidup. Tegangan puncak kolektor pada transistor pada saat mati dapat dirumuskan dengan rumus sebagai berikut :

$$V_{CE,maks} = \frac{V_{in}}{1 - \delta_{maks}}$$

Dengan

V_{in} = Tegangan Input DC

δ_{maks} = Duty Cycle maksimum

Yang kedua adalah transistor harus mempunyai arus kolektor pada saat keadaan hidup dapat dirumuskan dengan :

$$I_C = \frac{I_L}{n} = I_P$$

Dengan

I_P = Arus maksimum belitan primer transformator

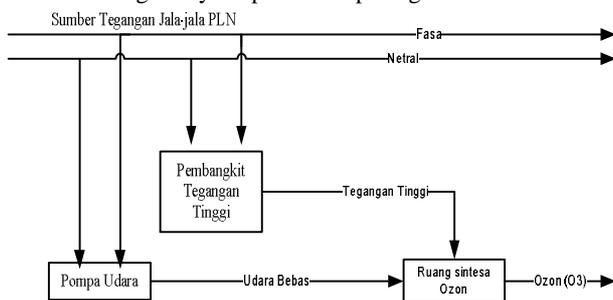
N = Rasio belitan primer dan sekunder

I_L = Arus beban

III. PERANCANGAN ALAT

3.1 Modul Perangkat Keras Reaktor Ozon

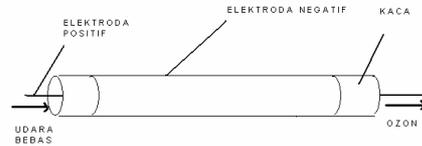
Blok diagramnya dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Blok diagram reaktor ozon

3.2 Ruang Sintesa Ozon

Ruang sintesa ozon terbagi menjadi tiga bagian utama, yaitu elektroda positif, elektroda negatif (*ground*) dan bahan dielektrik yang digunakan yaitu kaca. Bentuk dan gambar ruang sintesa ozon dapat dilihat seperti pada gambar 3.2 sebagai berikut.



Gambar 3.2 Ruang Sintesa Ozon

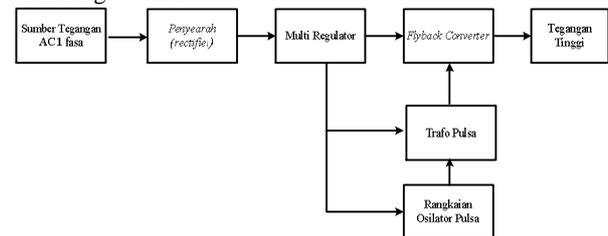
Elektroda positif yang digunakan berupa kawat tembaga berdiameter 2 mm dengan panjang 20 cm. Posisi kawat sejajar dengan arah pergerakan udara yang dimasukkan ke dalam ruang sintesa ozon. Elektroda positif ini langsung dihubungkan dengan pembangkit tegangan tinggi yang telah dibuat sebelumnya.

Elektroda negatif (*ground*) yang digunakan berupa aluminium foil yang diselimutkan ke dielektrik kaca seperti pada gambar 3.2 di atas. Untuk lebih menghubungkan aluminium foil dengan *ground* digunakan kawat tembaga yang dililitkan pada aluminium foil. Elektroda negatif ini langsung dihubungkan ke tanah.

Bahan dielektrik yang digunakan yaitu sebuah kaca berbentuk tabung dengan panjang 20 cm dan diameter lingkaran 2 cm. Kaca berfungsi sebagai penghalang (*barrier*) agar tidak terjadi breakdown antara elektroda positif dan elektroda negatif. Untuk itu lapisan dielektrik kaca dibuat menutupi permukaan elektroda positif yang menghadap ke elektroda negatif.

3.3 Pembangkit Tegangan Tinggi

Blok diagramnya dapat dilihat seperti pada gambar 3.3 sebagai berikut.



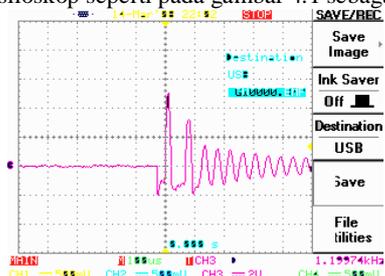
Gambar 3.3 Blok diagram Pembangkit Tegangan Tinggi

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Pengukuran Pada Transformator Flyback

Tegangan keluaran dari transformator flyback dapat bervariasi antara 5 kVolt sampai dengan 20kVolt. pengukuran yang dilakukan yaitu sebanyak 4 kali dengan besar tegangan keluaran yang berbeda yaitu:

- 1 Pengukuran pertama pada keluaran transformator flyback dapat dilihat dari hasil pengukuran dengan osiloskop seperti pada gambar 4.1 sebagai berikut.



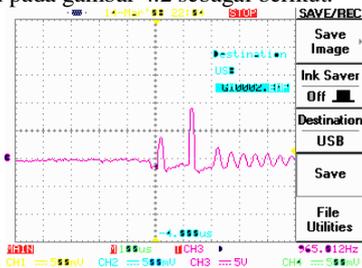
Gambar 4.1 Tegangan keluaran transformator flyback pada pengukuran pertama. 2 volt/div, 100 μ s/div, probe x1000

Dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa besarnya tegangan puncak keluaran dari trafo adalah sebesar 2,5 div. Maka besarnya tegangannya dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} V &= 2,5 \text{ div} \times 2 \text{ volt/div} \times 1000 \\ &= 5.000 \text{ Volt} \\ &= 5 \text{ kVolt} \end{aligned}$$

Dari hasil pengukuran pertama didapat bahwa tegangan keluaran dari pembangkit tegangan tinggi impuls adalah sebesar 5 kVolt.

- 2 Pengukuran kedua pada keluaran transformator *flyback* dapat dilihat dari hasil pengukuran dengan osiloskop seperti pada gambar 4.2 sebagai berikut.



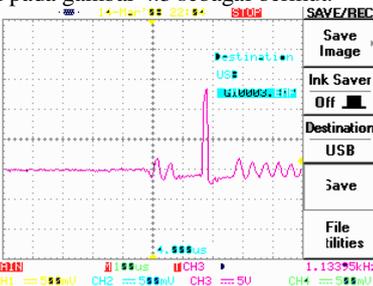
Gambar 4.2 Tegangan keluaran pada transformator *flyback* pada pengukuran kedua. 5 volt/div, 100 µs/div, probe x1000

Dari gambar 4.2 dapat dilihat bahwa besarnya tegangan puncak keluaran dari trafo adalah sebesar 2 div. Maka besarnya tegangannya dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} V &= 2 \text{ div} \times 5 \text{ volt/div} \times 1000 \\ &= 10.000 \text{ Volt} \\ &= 10 \text{ kVolt} \end{aligned}$$

Dari hasil pengukuran kedua didapat bahwa tegangan keluaran dari pembangkit tegangan tinggi impuls adalah sebesar 10 kVolt.

- 3 Pengukuran ketiga pada keluaran transformator *flyback* dapat dilihat dari hasil pengukuran dengan osiloskop seperti pada gambar 4.3 sebagai berikut.



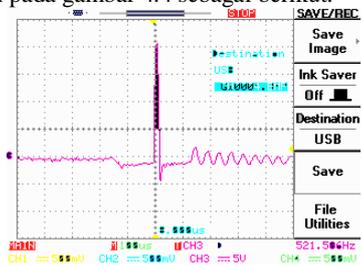
Gambar 4.3 Tegangan keluaran pada transformator *flyback* pada pengukuran ketiga. 5 volt/div, 100 µs/div, probe x1000

Dari gambar 4.3 dapat dilihat bahwa besarnya tegangan puncak keluaran dari trafo adalah sebesar 3 div. Maka besarnya tegangannya dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} V &= 3 \text{ div} \times 5 \text{ volt/div} \times 1000 \\ &= 15.000 \text{ Volt} \\ &= 15 \text{ kVolt} \end{aligned}$$

Dari hasil pengukuran ketiga didapat bahwa tegangan keluaran dari pembangkit tegangan tinggi impuls adalah sebesar 15 kVolt.

- 4 Pengukuran keempat pada keluaran transformator *flyback* dapat dilihat dari hasil pengukuran dengan osiloskop seperti pada gambar 4.4 sebagai berikut.



Gambar 4.4 Tegangan keluaran pada transformator *flyback* pada pengukuran keempat. 5 volt/div, 100 µs/div, probe x1000

Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa besarnya tegangan puncak keluaran dari trafo adalah sebesar 4 div. Maka besarnya tegangannya dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} V &= 4 \text{ div} \times 5 \text{ volt/div} \times 1000 \\ &= 20.000 \text{ Volt} \\ &= 20 \text{ kVolt} \end{aligned}$$

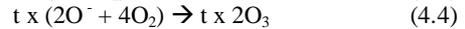
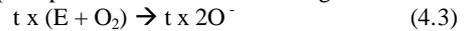
Dari hasil pengukuran keempat didapat bahwa tegangan keluaran dari pembangkit tegangan tinggi impuls adalah sebesar 20 kVolt.

4.2 Proses Pembentukan Ozon

Dalam udara bebas tersusun atas 21 % unsur oksigen (O_2). Apabila molekul oksigen ini diberi energi berupa medan listrik maka molekul oksigen ini akan mengalami ionisasi sehingga terbentuk ion-ion oksigen (O^*). Ion-ion oksigen yang terbentuk ini akan bergabung dengan unsur oksigen lainnya yang tidak terionisasi sehingga menjadi unsur baru yaitu ozon (O_3). Hal ini dapat dilihat seperti pada persamaan 4.1 dan 4.2 sebagai berikut.



Ketika semakin lama diterapkannya tegangan tinggi, maka akan semakin banyak pula ion-ion O^* yang akan terbentuk, sehingga konsentrasi ozon yang terbentuk akan semakin banyak pula. Hal ini dapat diperlihatkan seperti pada persamaan 4.3 dan 4.4 sebagai berikut.



dengan

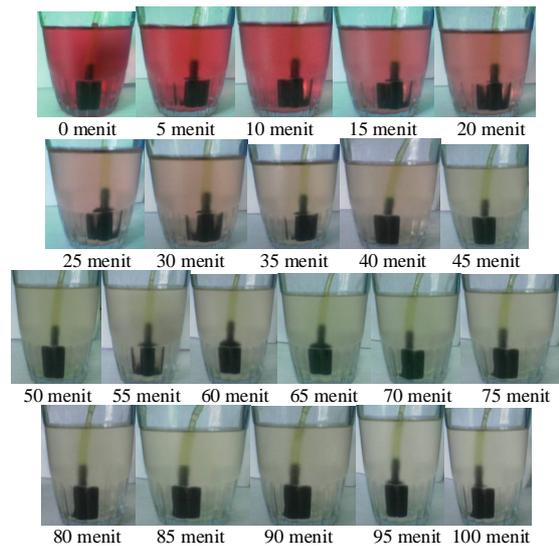
t = waktu

Dari persamaan 4.4 di atas maka dapat disimpulkan bahwa besarnya konsentrasi ozon yang terbentuk adalah sebanding dengan lamanya waktu diterapkannya medan listrik. Dengan kata lain semakin lama reaktor ozon beroperasi semakin banyak pula konsentrasi ozon yang terbentuk.

Ozon yang terbentuk hasil dari reaktor ozon inilah yang akan diuji dengan mengaplikasikan salah satu sifatnya.

4.3 Pengujian Konsentrasi Ozon Terhadap Waktu

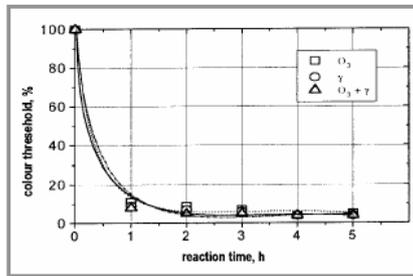
Pengujian yang dilakukan adalah dengan memasukkan gas ozon hasil dari reaktor ozon ke dalam gelas yang berisi cairan berwarna merah. Hasil dari pengujian dapat dilihat seperti pada gambar 4.5 sebagai berikut.



Gambar 4.5 Hasil pengujian reaktor ozon

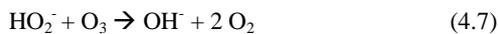
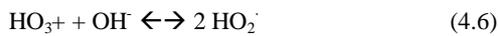
Cairan yang digunakan adalah air putih yang dicampur dengan air fanta dengan perbandingan volume 5. Pengujian ini menggunakan air fanta karena air fanta bisa memperlihatkan hasil yang baik daripada cairan yang lainnya. Setiap 5 menit diambil gambar dari gelas yang berisi cairan berwarna merah tersebut. Pengujian dilaksanakan selama 100 menit.

Dari gambar 4.5 dapat dibuat grafik hubungan kepekatan warna cairan terhadap waktu seperti pada gambar 4.6 sebagai berikut.



Gambar 4.6 Grafik hubungan kepekatan warna terhadap waktu

Dari gambar 4.6 terlihat bahwa semakin lama cairan diberi gas dari reaktor ozon maka kepekatan warnanya akan semakin berkurang. Hal ini terjadi karena ketika ozon bereaksi dengan air maka ozon akan membentuk peroxide (HO₂) sesuai dengan reaksi sebagai berikut.



Pada waktu yang sama, ozon yang dihasilkan oleh reaktor akan bereaksi dengan peroxide membentuk radikal OH⁻ dan gas oksigen (O₂) seperti pada reaksi 4.7. Radikal peroxide yang terbentuk selama reaksi akan berubah menjadi OH⁻ dan menguraikan ikatan warna pada cairan. Sehingga air yang diberi ozon warnanya akan memudar.

4.4 Pengujian Konsentrasi Ozon Terhadap Tegangan

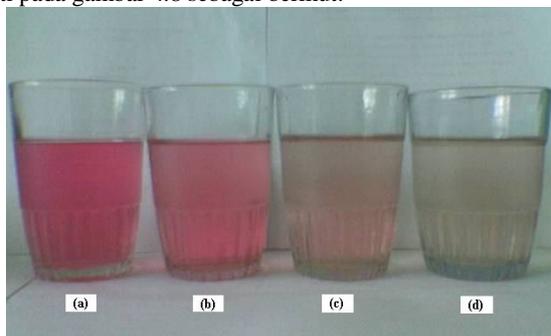
Pengujian yang dilakukan dengan terlebih dahulu menyiapkan empat buah gelas yang berukuran sama. Kemudian menyiapkan cairan yang akan digunakan untuk pengujian. Cairan yang digunakan adalah air yang dicampur dengan fanta merah. Kemudian cairan ini dimasukkan ke dalam empat gelas yang berukuran sama seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.7 sebagai berikut.



Gambar 4.7 Foto sebelum pengujian konsentrasi ozon-tegangan

Kemudian dari masing-masing gelas akan diberi udara keluaran dari reaktor ozon dengan variasi tegangan yang berbeda yaitu 5kVolt, 10kVolt, 15kVolt, dan 20kVolt selama 45 menit.

Dari hasil percobaan didapatkan gambar yang dapat dilihat seperti pada gambar 4.8 sebagai berikut:



Gambar 4.8 Hasil pengujian hubungan konsentrasi ozon-tegangan (a) 5kVolt, (b) 10 kVolt, (c) 15kVolt, (d) 20 kVolt

Dari gambar 4.8 terlihat bahwa semakin tinggi tegangan yang diterapkan pada reaktor ozon maka warna pada cairan akan semakin pudar. Ini menunjukkan bahwa semakin besar tegangan yang diterapkan maka konsentrasi ozon yang dihasilkan juga semakin besar. Hal ini telah sesuai dengan teori bahwa semakin

tinggi tegangan yang diterapkan, maka molekul-molekul gas oksigen di sekitar penghantar akan semakin mudah terionisasi. Dengan semakin banyaknya ion-ion yang terionisasi maka konsentrasi ozon yang terbentuk akan semakin banyak.

4.5 Pengujian Hubungan Konsentrasi Ozon Terhadap Frekuensi Tegangan Tinggi Impuls

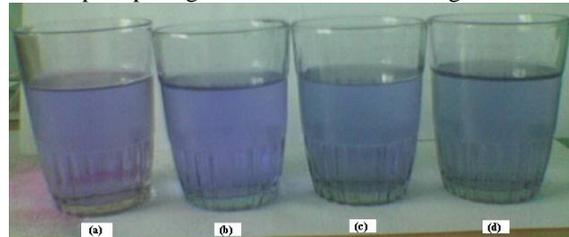
Pengujian yang dilakukan dengan terlebih dahulu menyiapkan empat buah gelas yang berukuran sama. Kemudian menyiapkan cairan yang akan digunakan untuk pengujian. Cairan yang digunakan adalah air yang dicampur dengan tinta biru. Kemudian cairan ini dimasukkan ke dalam empat gelas yang berukuran sama seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.9 sebagai berikut.



Gambar 4.9 Foto sebelum pengujian konsentrasi ozon-frekuensi tegangan tinggi impuls

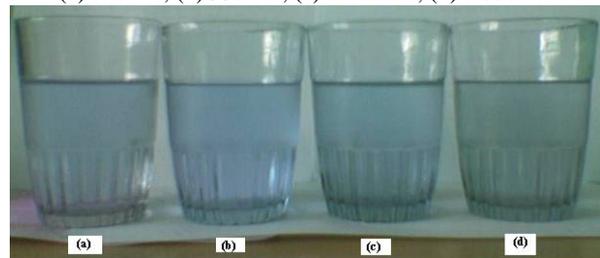
Kemudian dari masing-masing gelas akan diberi udara keluaran dari reaktor ozon dengan variasi frekuensi yang berbeda yaitu 543 Hz, 995 Hz, 1.247 Hz, dan 1.535 Hz.

Pengujian dilakukan dua kali yaitu dengan durasi waktu 10 menit dan 20 menit. Hasil dari pengujian dapat dilihat seperti pada gambar 4.10 dan 4.11 sebagai berikut.



Gambar 4.10 Pengujian konsentrasi ozon-frekuensi, t=10 menit

(a) 543 Hz, (b) 995 Hz, (c) 1.247 Hz, (d) 1.535 Hz



Gambar 4.11 Pengujian konsentrasi ozon-frekuensi, t=20 menit

(a) 543 Hz, (b) 995 Hz, (c) 1.247 Hz, (d) 1.535 Hz

Dari gambar 2.20 dan 2.21 terlihat bahwa warna pada cairan yang telah diberi ozon dengan menerapkan frekuensi tegangan impuls yang berbeda didapatkan hasil yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa pada tegangan tinggi impuls pada frekuensi antara 543 Hz sampai dengan 1.535 Hz besarnya konsentrasi ozon yang terbentuk adalah sama.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari Tugas Akhir ini, dapat disimpulkan bahwa reaktor ozon dengan mengaplikasikan tegangan tinggi impuls telah selesai dibuat dan bekerja dengan baik. Berdasarkan pengujian, pengukuran dan analisa yang telah dilakukan, diperoleh beberapa hal berikut ini :

1. Banyaknya konsentrasi ozon yang terbentuk sebanding dengan waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan ozon.
2. Banyaknya konsentrasi ozon yang terbentuk sebanding dengan besarnya tegangan impuls yang diterapkan pada reaktor ozon.
3. Pada tegangan impuls 5 kVolt ozon yang dihasilkan sangat sedikit atau mendekati nol.
4. Banyaknya konsentrasi ozon yang terbentuk pada frekuensi 543 Hz sampai dengan 1.535 Hz pada tegangan impuls adalah sama.
5. Tegangan keluaran berupa tegangan tinggi impuls dengan tegangan puncaknya bervariasi antara 5 kVolt sampai dengan 20 kVolt.
6. Tegangan keluaran mengalami osilasi, hal ini karena adanya pengaruh kapasitansi dari transistor.

5.2 Saran

1. Untuk meningkatkan hasil produksi ozon dapat dilakukan dengan mengubah konstruksi ruang sintesa ozon dan menaikkan tegangan pada reaktor ozon.
2. Untuk meningkatkan faktor keamanan, sebaiknya kerangka peralatan yang terbuat dari logam perlu diketanahkan, agar tidak timbul gradien tegangan antar peralatan dengan tanah yang dapat menyebabkan mengalirnya arus ke tanah jika terjadi kesalahan sentuh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abduh, S., *Teknik Tegangan Tinggi Dasar Pembangkitan dan Pengukuran*, Salemba Teknika, Jakarta, 2003
- [2] Tobing, B.L., *Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2003.
- [3] Rashid, M. H., *Power Electronics: Circuits and Application*, Edisi kedua, Prentice International, New Delhi, India, 1996.
- [4] Habibi, *Tugas Akhir: Pembangkitan Tegangan Tinggi AC Menggunakan Kumparan Tesla*, Universitas Diponegoro, 2007.
- [5] Setyaningrum, D.H., *Tugas Akhir: Aplikasi Plasma Lucutan Penghalang Dielektrik Dengan Reaktor Berkonfigurasi Spiral-Silinder Menggunakan Gas Sumber Oksigen (O₂) Murni Untuk Menghasilkan Gas Ozon (O₃)*, Universitas Diponegoro, 2006.
- [6] Nasution, P., *Tugas Akhir: Sintesis Ozon Menggunakan Reaktor Plasma Lucutan berpenghalang Dielektrik (Dielectric Barrier Discharge) Dengan Elektroda Berkonfigurasi Kawat Bidang*, Universitas Diponegoro, 2006.
- [7] ---, Ozone, <http://www.wikipedia/wiki/ozone>, Juni 2007.
- [8] ---, Anto Tri Sugiarto, *Daur Ulang Air Limbah*. http://www.kompas.com/Daur_Ulang_Air_Limbah, juni 2007.
- [9] Chryssis, G, *High-Frequency Switching Power supplies: Theory and Design*, second edition, McGraw-Hill Publishing Company, New York, 1989.
- [10] Mohan Ned, Tore M. Undeland, William P Robbins, *Power Electronics: Converter, Applications, and Design*, John Wiley and Sons Inc, Canada, 1995.
- [11] Rashid Muhammad H., *Power Electronics: Circuits, Devices and Application*, Prentice-Hall International Inc, Second Edition, New Jersey, 1993.
- [12] Fitzgerald, A.E. "Mesin-Mesin Listrik. Edisi Keempat". Jakarta: Erlangga, 1997.
- [13] ---, Jan Perkowski, *Decolouration of Model Dyehouse Wastewater with Advanced Oxidation Processes*. http://www.fibtex.lodz.pl/42_19_67.pdf, Februari 2008.

- [14] ---, Ni Luh Putu Manik Widiyanti & Ni Putu Ristiati, *Analisis Kualitasf Bakteri Kolifirm Pada Depo Air Minum Isi Ulang di Kota Singaraja Bali*, Http://www.ekologi.litbang.depkes.go.id/data/vol%203/Ni%20Putu%20_2.pdf, Februari 2008.
- [15] Anggoro, *Tugas Akhir: Sistem Pembnagkit Plasma Lucutan Pijar Korona yang Terintegrasi dengan Sistem Tenaga Sepeda Motor*, Universitas Diponegoro, 2006.
- [16] ---, *Lapisan Ozon*, www.e-smartschool.com. Juli 2007
- [17] Rino Eko Rahardjo, *Tugas Akhir: Pembuatan Modul Perangkat Keras DC Chooper*, Universitas Diponegoro, 2006.

Mengetahui / Mengesahkan :
Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Agung Warsito, DHET
NIP. 131 668 485

Abdul Syakur, ST MT
NIP. 132 231 132

Pembimbing III

Dr. I Nyoman Widiasta
NIP. 132 132 751



Baharudin Yusuf L2F003486

Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang, dengan pilihan konsentrasi Tenaga listrik.