

RANCANG BANGUN GENERATOR OZON KOAKSIAL

Agus Ernawan Sulistianto¹⁾, Fri Murdiya²⁾, Eddy Hamdani³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro S1, ²⁾Dosen Teknik Elektro
Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. H.R Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru Panam
Pekanbaru, Riau 28293

E-mail : agus.ernawans@student.unri.ac.id

ABSTRACT

The development of science and technology, especially in industry, can have both positive and negative effects. One of the negative effects is the higher pollution in soil, water and air. The use of ozone has now been widely applied in various fields, for example as a disinfectant for drinking water treatment, disinfecting germs, sterilizing medical devices and preserving food ingredients. Ozone can be generated by the dielectric barrier discharge method which is generally used as a method of generating ozone supplied with high voltage or also known as high voltage plasma generators. High voltage plasma occurs in the dielectric barrier discharge air gap due to the failure of air to maintain its insulating properties. The type of electrode used and the gap distance in the dielectric barrier discharge test can affect the amount of plasma produced, and plasma also affects the yield of ozone concentration. In this research, a coaxial ozone generator will be designed with a variation of 3 inner electrodes, variations in the flow rate of oxygen input and the presence or absence of the influence of the magnetic field on the ozone produced.

Keywords: Science, Ozone, Dielectric Barrier Discharges, Electrodes, Plasma, Magnetic Field.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu dan teknologi berkembang dengan pesat, nah perkembangan ilmu pengetahuan memiliki dua efek yaitu efek positif dan efek negatif. Polusi yang semakin tinggi baik polusi pada air. Tanah maupun udara adalah salah satu efek negatif yang ditimbulkan oleh perkembangan ilmu dan teknologi. Untuk itu polutan tersebut harus segera ditanggulangi dan ditemukan pula teknologi pembersih polutan tersebut.

Seharusnya dengan adanya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dapat menimbulkan efek negatif, maka diperlukan pula penemuan ilmu pengetahuan dan teknologi yang dapat menanggulangi efek negatif perkembangan tersebut. Kebijakan serta manajemen lingkungan, kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga lingkungan, dan yang terakhir pemanfaatan teknologi yang tepat dalam mengatasi berbagai macam polusi adalah tiga perihal yang menjadi perhatian utama dalam mengatasi polusi.

Penggunaan ozon untuk menyisihkan polutan dalam air telah dilakukan sejak 1886 oleh de Meritens di Perancis. Beberapa keuntungan dari penggunaan ozon antara lain adalah ozon memiliki potensial oksidasi yang tinggi (2,07 V), sehingga efektif digunakan untuk membunuh bakteri, virus, dan jamur, juga untuk penguraian dan atau penyisihan

senyawa-senyawa organik berbahaya, seperti fenol, atrazin, dioksin, dan lain sebagainya (Adami, 2011).

Untuk mendapatkan efisiensi dan kadar ozon yang tinggi masih dilakukan pengembangan teknologi penghilangan polutan dengan *dielectric barrier discharges* (DBD). DBD telah digunakan oleh banyak peneliti untuk merubah oksigen menjadi ozon yang dikenal dengan generator ozon.

Teknologi ozon menjadi maju saat pengembangan generator ozon pelepasan muatan listrik jenis pipa koaksial, yang diperkenalkan oleh von Siemens pada 1857. Generator ozon jenis ini kemudian menjadi cikal-bakal bagi sebagian besar generator ozon jenis pelepasan muatan listrik di zaman modern ini (Lukmanto, 2009).

Ozon harus dihasilkan di tempat dimana ozon itu sendiri dibutuhkan, hal itu dikarenakan sifat ozon yang tidak stabil dan juga tidak dapat disimpan dan dibawa ke suatu tempat. Maka dari itu diperlukan alat penghasil ozon yang dapat menghasilkan ozon dengan waktu yang singkat dan murah energi. Sumber tegangan AC dan tabung reaktor ozon adalah dua bagian utama dari sistem pembangkitan ozon, dimana untuk memecah molekul oksigen (O₂) menjadi ion-ion oksigen (O*) pada tabung reaktor dibutuhkan suatu medan listrik yang cukup kuat. Hal ini bisa terjadi apabila oksigen dilewatkan atau

dikenai medan listrik yang cukup tinggi (Waluyo et al., 2015).

Dalam penelitian ini akan dilakukan rancangan-bangun dan uji kinerja generator ozon pelepasan korona jenis pipa koaksial yang terdiri dari elektroda logam di bagian dalam dan luar yang di antaranya terdapat dielektrik gelas. Kedua elektroda logam, terbuat dari bahan aluminium, dihubungkan dengan pembangkit tegangan tinggi. Selanjutnya dilakukan uji kinerja untuk produktivitas generator ozon hasil rancangan tersebut, sehingga diperoleh data tentang seberapa besar generator ozon jenis ini dapat memproduksi ozon.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Mekanisme Kegagalan Isolasi

Kegagalan Isolasi terjadi akibat dari material udara tidak dapat mempertahankan sifat isolasinya, proses kegagalan isolasi gas dipengaruhi oleh jarak antar elektroda, dan tegangan yang diberikan dalam menginisiasi medan listrik antar elektroda. Semakin dekat elektroda maka akan menghasilkan medan listrik yang tinggi, dan juga semakin tinggi tegangan yang diberikan juga menghasilkan medan listrik yang tinggi.

2.2 Peluahan Sebagian (*Partial Discharge*)

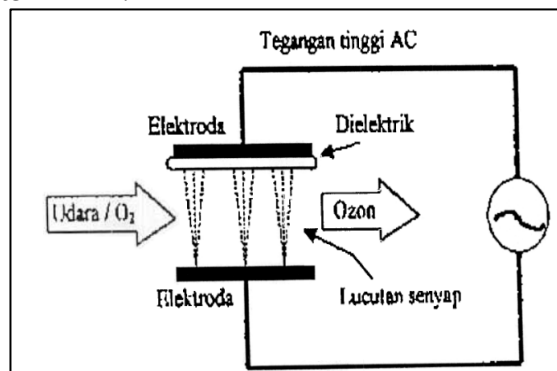
Peristiwa ini dapat terjadi pada bahan isolasi padat. Peluahan elektrik pada medium isolasi yang terdapat diantara dua elektroda berbeda tegangan, dimana peluahan tersebut tidak sampai menghubungkan kedua elektroda secara sempurna disebut dengan peluahan sebagian (*partial discharge*).

2.3 Kapasitansi *Dielectric Barrier Discharge*

Dielectric barrier discharge adalah lucutan yang dapat dioperasikan pada tekanan atmosfer atau sering disebut juga lucutan plasma senyap (*silent discharge plasma*). Lucutan plasma ini dalam skala besar banyak dipakai perusahaan untuk menghasilkan ozon dengan gas sumber yang digunakan adalah udara bebas maupun oksigen. Celah lucutan yang sempit dengan jarak milimeter dan salah satu elektrodanya ditutupi dengan lapisan isolator adalah karakteristik utama dari lucutan senyap. Karena hal itu, lucutan plasma senyap juga dikenal dengan sebutan lucutan plasma berpenghalang dielektrik (Nur, 2014).

Pada umumnya sistem *dielectric barrier discharge* sebagai pembangkit ozon terdiri dari power supply, elektroda dan penghalang dielektrik. Menurut frekuensi operasi, power supply sebagai pencatu *dielectric barrier discharge* menggunakan tegangan tinggi tegangan arus bolak-balik (AC), radio frequency (RF) dan mode pulsa. Sementara itu dielektrik yang digunakan sebagai penghalang adalah

bahan seperti kaca, kuarsa, keramik dan lapisan polimer sebagai lapisan isolasi. Berikut gambar sistem DBD.

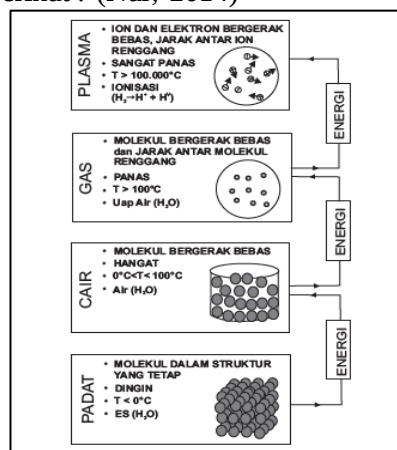


Gambar 1 Konfigurasi Dielectric Barrier Discharge (Nur,2011)

2.4 Plasma

Langmuir dan Tonks pada tahun 1928 merupakan penemu konsep tentang plasma pertama kali. Mereka mendefinisikan plasma sebagai gas yang terionisasi dalam lucutan listrik, jadi plasma dapat juga didefinisikan sebagai campuran kuasinetral dari elektron, radikal, ion positif dan negatif. Percampuran antara ion-ion yang bermuatan positif dengan elektron-elektron yang bermuatan negatif memiliki sifat-sifat yang sangat berbeda dengan gas pada umumnya dan materi pada fase ini disebut fase plasma.

Gas terionisasi dan dikenal sebagai fase materi ke empat setelah fase padat, cair, dan fase gas merupakan cara sederhana dalam mendefinisikan plasma. Ilustrasi terbentuknya plasma terdapat pada gambar berikut : (Nur, 2014)



Gambar 2 Ilustrasi fase materi ke empat yaitu plasma setelah fase padat, cair, dan fase gas. (Nur, 2014)

2.5 Ozon

Christian Friedrich Schönbein pada tahun 1840 merupakan penemu ozon atau yang kita kenal dengan rumus kimia O_3 . Ozon pertama kali digunakan secara komersial pada tahun 1907 pada pengolahan air kota di Nice. Kata ozein yang berarti

bau dalam bahasa Yunani kuno adalah cikal bukan nama ozon diambil (Adami, 2011).

Karena potensial reduksinya yang tinggi ozon dapat membahayakan sistem pernafasan makhluk hidup. Dampak dari ozon terutama menyerang paru-paru dan dengan paparan yang lebih lama lagi, ozon dapat mempengaruhi sel-sel darah dan serum protein, bahkan dapat membahayakan mata dan sistem saraf ("Ozone troposfer, 2010"). Oleh sebab itu, batas paparan maksimal untuk manusia terhadap ozon yaitu 0,06 ppm dalam periode 8 jam, lima hari seminggu dan 0,30 ppm dalam 15 menit adalah ketetapan dari *Occupational Safety and Health Administration* (OHSA) ("Ozone", 2010).

Proses fotolisis merupakan proses alamiah ozon yang dapat terbentuk melalui radiasi ultraviolet pancaran sinar matahari yang menyebabkan penguraian gas oksigen di udara bebas. Atom oksigen (O) yang terurai akan saling bertumbukan dengan molekul oksigen (O₂) yang ada di sekitarnya sehingga terbentuklah ozon (O₃).

2.6 Generator ozon

Ozon tidak dapat disimpan dan ditransportasikan seperti gas industry lainnya karena ozon akan terdekomposisi dengan cepat menjadi molekul oksigen kembali. Ozon pernah disimpan dengan cara melarutkannya dalam oksigen cair, tetapi pada konsentrasi ozon diatas 70% terjadi ledakan spontan (Ball, et al., 1997). Oleh karena itu, ozon harus diproduksi secara berkelanjutan atau dekat dengan instalasi pemanfaatannya, sehingga bisa langsung digunakan tanpa harus disimpan atau ditransportasikan terlebih dahulu.

Generator ozon yang banyak diproduksi secara komersial adalah generator ozon yang menggunakan metode *corona discharge*. Produksi ozon yang dihasilkan tinggi, pemeliharaannya mudah, dan mudah diaplikasikan adalah keunggulan dari metode corona discharge dibandingkan dengan metode yang lainnya.

Terdapat dua elektroda dengan besar tegangan yang berbeda yaitu elektroda tegangan tinggi dan elektroda massa yang dipisahkan oleh media dielektrik berupa gelas pyrex dan discharge gap yaitu celah sempit untuk pelepasan muatan dan mengalirnya oksigen. Pada kedua elektroda tersebut dialirkan tegangan tinggi *alternating current* (AC). Korona terjadi akibat peristiwa percepatan ionisasi oksigen yang terdapat di antara elektroda massa dan elektroda tegangan tinggi yang diakibatkan oleh medan listrik yang cukup tinggi. Pelepasan korona yang terputus-putus, yang berlangsung di antara dua elektroda akan menyebabkan elektron-elektron bertabrakan dengan molekul oksigen sehingga terbentuk ozon.

2.7 Mean absolute Percentage Error (MAPE)

Validasi keandalan suatu proses dapat dilakukan menggunakan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). Nilai MAPE dapat ditentukan dengan penjumlahan dari suatu kesalahan absolut dari beberapa periode dibagi dengan nilai observasi yang sebenarnya. Adapun rata-rata kesalahan absolut tadi dibagi dengan jumlah data yang diobservasi seperti yang ditunjukkan pada persamaan 1 dibawah ini (Sari,2016).

$$MAPE = \frac{\sum \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i}}{n} \times 100\% \quad (1)$$

Hasil perhitungan MAPE dapat digunakan untuk menentukan baik atau tidak suatu prediksi yang dilakukan. Prediksi dikatakan sangat baik apabila nilai MAPE yang dihasilkan di bawah 10% dan dikatakan baik jika memiliki nilai MAPE dibawah 20%. (Margi,2015).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode perancangan dan pengujian generator ozon pada Laboratorium Tegangan Tinggi Tenkik Elektro Universitas Riau. Perancangan generator ozon di mulai dari mengumpulkan peralatan dan bahan, lalu merangkai generator ozon yang setelahnya dilakukan pengujian terhadap generator hasil perancangan dengan berbagai kondisi yang telah ditetapkan yaitu pengujian pengaruh ukuran diameter elektroda dan bentuk permukaan elektroda bagian dalam terhadap ozon yang dihasilkan.

3.2 Peralatan dan Bahan

3.2.1 Peralatan dan Bahan Pembuatan Generator Ozon

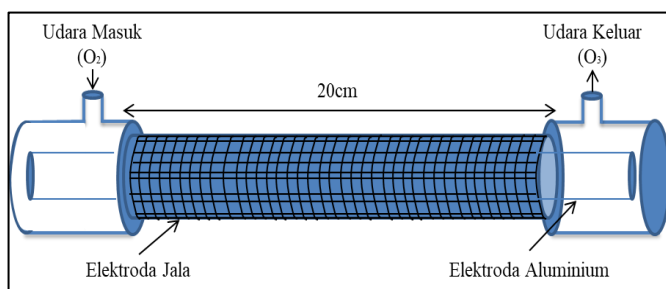
- Gelas pipa Dielektrik
- Elektroda Jala
- Elektroda Aluminium
- Penutup Generator Ozon
- Lem Silikon

3.2.2 Peralatan dan Bahan Pengujian Generator Ozon

- Generator Ozon Hasil Perancangan
- Transformator
- Kompresor
- Selang Udara
- Alat Ukur Ozon HT-E-O₃
- Probe Tegangan Tinggi
- Probe Arus
- PC-Ossilloscope Hantek 6074BC

3.3 Perancangan Generator Ozon

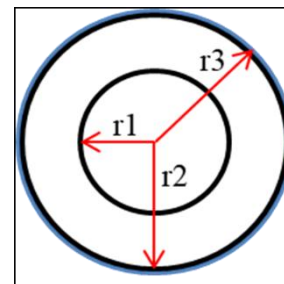
1. Persiapan komponen alat.
2. Pipa dielektrik, elektroda jala dan elektroda aluminium masing – masing di potong sepanjang 20 cm, dan kabel sebagai penghubung generator ozon dan transformator tegangan tinggi dipotong sepanjang 10 cm.
3. Pelapisan (penyelimutan) gelas dielektrik oleh elektroda jala.
4. Elektroda jala yang terbuat dari bahan aluminium dengan panjang 20cm dipasang menyelimuti permukaan luar gelas dielektrik sehingga menutupi seluruh permukaan gelas dielektrik.
5. Pemasangan elektroda aluminium bagian dalam.
6. Elektroda yang terbuat dari bahan aluminium ini kemudian dimasukkan ke dalam gelas dielektrik sedemikian rupa sehingga gelas dielektrik dan elektroda aluminium berada pada satu sumbu.
7. Pemasangan kabel penghubung Generator Ozon dengan sumber listrik.
8. Terdapat dua kabel yang akan menghubungkan Generator Ozon dengan sumber listrik tegangan tinggi. Satu kabel disambungkan pada elektroda jala, satu kabel lainnya dipasang pada elektroda aluminium bagian dalam. Kabel pada elektroda aluminium dalam dipasang pada salah satu ujung elektroda yang tertutup, kemudian dikeluarkan melalui lubang tempat keluarnya kabel pada bagian ujung penutup generator ozon.
9. Penutupan generator ozon.
10. Setelah semua kelengkapan dan rangkaian lainnya terpasang dengan baik pada gelas dielektrik, maka pipa dielektrik kemudian ditutup dengan pipa paralon penutup. Sebelumnya paralon penutup bagian kanan dan kiri dilubangi di bagian atasnya sebagai masukan dan keluaran udara nantinya. Digunakan lem silikon untuk membuat agar generator ozon dapat tertutup rapat. Hal ini dilakukan untuk mencegah kebocoran.



Gambar 3 Rancangan Generator Ozon

Gambar 3 adalah gambar generator ozon yang hasil perancangan yang digunakan dalam pengujian nantinya. Pada generator ozon ini terdapat 2 buah elektroda yaitu elektroda jala dan elektroda aluminium sebagai anoda dan katoda. Diantara dua plat anoda dan katoda terdapat pemisah berupa dielektrik padat dan celah udara. Dielektrik udara disebut juga sebagai celah udara atau gap, sedangkan dielektrik padat yang digunakan yaitu gelas pyrex. Gap yang digunakan pada pengujian ini yaitu 3 mm dan 5 mm karena menggunakan elektroda dalam berukuran diameter yang berbeda yaitu 25mm dan 27mm.

Penentuan spesifikasi generator ozon didasarkan pada konstruksi, dimensi serta material yang digunakan. Dari nilai-nilai tersebut akan ditentukan pendekatan nilai kapasitansi, kebutuhan daya serta kebutuhan tegangan yang harus dibangkitkan. Dalam hal ini akan membahas penentuan spesifikasi ozon didasarkan pada generator yang akan di rancang dengan spesifikasi sebagai berikut :



Gambar 4 Diameter Masing-Masing Komponen Generator Ozon

Tabel 1 Panjang Diameter Masing – Masing Komponen Generator Ozon

Parameter Ozone Generator	Nilai Besaran
Panjang Reaktor	20cm
Panjang Jari – Jari Elektroda Dalam (r1)	1,25cm dan 1,35cm
Panjang Jari- Jari Dielektrik Pirex (r2)	1,5cm
Panjang Jari-Jari Elektroda Luar (r3)	1,65cm

1. Kapasitansi Elektroda dalam 25mm
 - Konstanta Dielektrik di Udara (ϵ_{r1})

$$\epsilon_{r1} = \epsilon_0$$

$$\epsilon_{r1} = 8,85 \times 10^{-12}$$
 - Konstatanta Dielektrik Pirex (ϵ_{r2})

$$\epsilon_{r1} = 4\epsilon_0$$

$$\epsilon_{r1} = 4 \times 8,85 \times 10^{-12}$$

$$\epsilon_{r1} = 35,4 \times 10^{-12}$$

- Kapasitansi Celah Udara

$$C1 = \frac{2\pi\epsilon r1L}{\ln\left(\frac{r2}{r1}\right)}$$

$$C1 = \frac{2\pi 4\epsilon_0 L}{\ln\left(\frac{r2}{r1}\right)}$$

$$C1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot 8,85 \times 10^{-12} \cdot 20 \times 10^{-2}}{\ln\left(\frac{1,5}{1,25}\right)}$$

$$C1 = 30,35 \times 10^{-12} \text{ F}$$

- Kapasitansi Dielektrik Sekat

$$C2 = \frac{2\pi\epsilon r1L}{\ln\left(\frac{r3}{r2}\right)}$$

$$C2 = \frac{2\pi 4\epsilon_0 L}{\ln\left(\frac{r3}{r2}\right)}$$

$$C2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot 4 \cdot 8,85 \times 10^{-12} \cdot 20 \times 10^{-2}}{\ln\left(\frac{1,65}{1,5}\right)}$$

$$C2 = 466,5 \times 10^{-12} \text{ F}$$

- Kapasitansi Total Tabung Reaktor

$$\frac{1}{C_{tot}} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2}$$

$$\frac{1}{C_{tot}} = \frac{1}{C1 \cdot C2}$$

$$\frac{1}{C_{tot}} = \frac{1}{C1 + C2}$$

$$\frac{1}{C_{tot}} = 28,49 \times 10^{-12} \text{ F}$$

- Tegangan Reaktor Minimum (U) Untuk Mencapai Nilai Medan Tembus (30 kV/cm)

$$E_{min} = \frac{U}{r2 \cdot \ln\left(\frac{r3}{r2}\right)}$$

$$U = E_{min} \cdot r2 \cdot \ln\left(\frac{r3}{r2}\right)$$

$$U = 30 \times 10^3 \cdot 1,5 \cdot \ln\left(\frac{1,65}{1,5}\right)$$

$$U = 4288 \text{ V}$$

- Kisafaran Frekuensi Operasi Estimasi Kebutuhan Daya (P)

$$P = V^2 \cdot 2\pi \cdot f \cdot C$$

$$P = 4288^2 \cdot 2\pi \cdot 25000 \cdot 28,49 \times 10^{-12}$$

$$P = 82,24 \text{ watt}$$

Berdasarkan pendekatan kalkulasi diatas ditetapkan nilai daya yang dibangkitkan sebesar 85 watt.

2. Kapasitansi Elektroda dalam 27mm

- Konstanta Dielektrik di Udara (ϵ_{r1})

$$\epsilon_{r1} = \epsilon_0$$

$$\epsilon_{r1} = 8,85 \times 10^{-12}$$

- Konstatanta Dielektrik Pirex (ϵ_{r2})

$$\epsilon_{r1} = 4\epsilon_0$$

$$\epsilon_{r1} = 4 \times 8,85 \times 10^{-12}$$

$$\epsilon_{r1} = 35,4 \times 10^{-12}$$

- Kapasitansi Celah Udara

$$C1 = \frac{2\pi\epsilon r1L}{\ln\left(\frac{r2}{r1}\right)}$$

$$C1 = \frac{2\pi 4\epsilon_0 L}{\ln\left(\frac{r2}{r1}\right)}$$

$$C1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot 8,85 \times 10^{-12} \cdot 20 \times 10^{-2}}{\ln\left(\frac{1,5}{1,35}\right)}$$

$$C1 = 34,81 \times 10^{-12} \text{ F}$$

- Kapasitansi Dielektrik Sekat

$$C2 = \frac{2\pi\epsilon r1L}{\ln\left(\frac{r3}{r2}\right)}$$

$$C2 = \frac{2\pi 4\epsilon_0 L}{\ln\left(\frac{r3}{r2}\right)}$$

$$C2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot 4 \cdot 8,85 \times 10^{-12} \cdot 20 \times 10^{-2}}{\ln\left(\frac{1,65}{1,5}\right)}$$

$$C2 = 466,5 \times 10^{-12} \text{ F}$$

- Kapasitansi Total Tabung Reaktor

$$\frac{1}{C_{tot}} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2}$$

$$\frac{1}{C_{tot}} = \frac{1}{C1 \cdot C2}$$

$$\frac{1}{C_{tot}} = \frac{1}{C1 + C2}$$

$$\frac{1}{C_{tot}} = 32,39 \times 10^{-12} \text{ F}$$

- Tegangan Reaktor Minimum (U) Untuk Mencapai Nilai Medan Tembus (30 kV/cm)

$$E_{min} = \frac{U}{r2 \cdot \ln\left(\frac{r3}{r2}\right)}$$

$$U = E_{min} \cdot r2 \cdot \ln\left(\frac{r3}{r2}\right)$$

$$U = 30 \times 10^3 \cdot 1,5 \cdot \ln\left(\frac{1,65}{1,5}\right)$$

$$U = 4288 \text{ V}$$

- Kisafaran Frekuensi Operasi Estimasi Kebutuhan Daya (P)

$$P = V^2 \cdot 2\pi \cdot f \cdot C$$

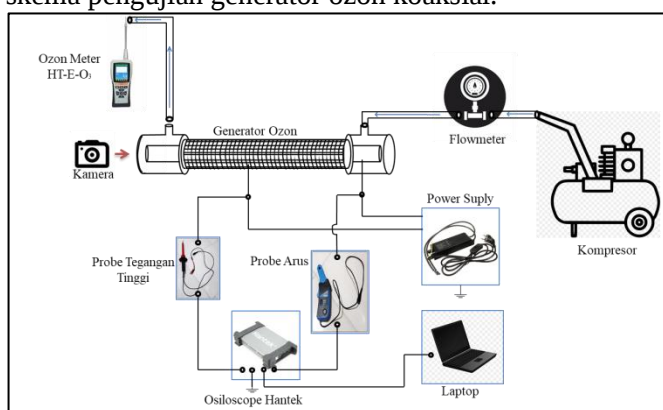
$$P = 4288^2 \cdot 2\pi \cdot 25000 \cdot 32,39 \times 10^{-12}$$

$$P = 93.5 \text{ watt}$$

Berdasarkan pendekatan kalkulasi diatas ditetapkan nilai daya yang dibangkitkan sebesar 95 watt.

3.4 Pengujian Generator Ozon

Pada pengujian generator ozon ini akan menghasilkan hasil ukur berupa bentuk plasma, arus, tegangan serta konsentrasi ozon. Berikut adalah skema pengujian generator ozon koaksial.



Gambar 5 Rangkaian Pengujian Generator Ozon

Pada pengujian ini, pengukuran arus dan tegangan dilakukan dengan bantuan *oscilloscope* digital yang terhubung ke laptop yang sebelumnya sudah terinstal di laptop tersebut software *oscilloscope* hantek 6074BC.

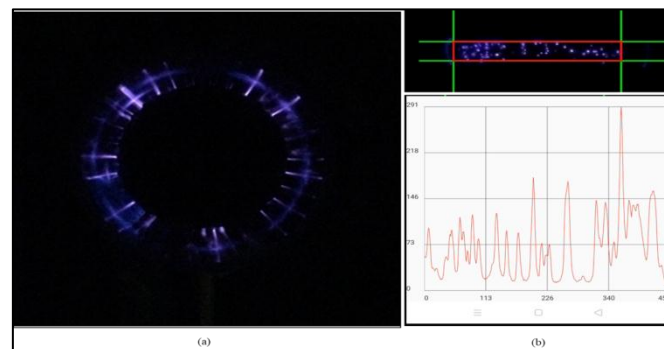
Alat ukur untuk mengukur arus yaitu probe arus hantek CC65 dan alat ukur untuk mengukur tegangan yaitu probe tegangan tinggi dan juga berfungsi sebagai pengali tegangan yang terbaca pada *oscilloscope* dengan perbandingan 1:1000. Bentuk plasma yang dihasilkan diambil menggunakan kamera *handphone*, serta dapat melihat penyebaran plasma pada gap di generator ozon pada pengujian. Untuk pengukuran konsentrasi ozon menggunakan alat ukur ozon atau HT-E-O3.

IV. HASIL PENELITIAN

4.1 Hasil Pengukuran Bentuk Plasma

Pengujian Plasma dilakukan terhadap tiga buah elektroda bagian dalam yang memiliki ukuran diameter yang berbeda yaitu, diameter 25mm dengan permukaan tidak rata, 27mm dengan permukaan tidak rata, dan elektroda 27 mm dengan permukaan yang rata atau halus. Untuk pengambilan gambar plasma itu sendiri menggunakan kamera *handphone*, dan untuk mengetahui jumlah plasma yang dihasilkan

dapat dilihat menggunakan aplikasi *Aspectramini* yang terinstal pada *handphone*.



Gambar 6 gambar plasma elektroda 25 mm dengan permukaan tidak rata (a) menggunakan kamera hp (b) pada aplikasi *aspectramini*.

Tabel 2 Hasil Pengukuran Plasma

Ukuran Elektroda	Intensitas Cahaya (a.u)
25mm permukaan kasar	310
27mm permukaan kasar	108
27mm permukaan Halus	92

4.2 Hasil Pengukuran Bentuk Arus dan Tegangan

Pengukuran arus dan tegangan juga menggunakan bantuan *pc-oscilloscope* hantek tipe 6074BC yang sudah terhubung ke laptop dan alat ukur. *Oscilloscope* diatur volt/div nya sebesar 5 volt/div dengan faktor pengali pada probe tegangan sebesar 1000 kali, yang artinya nilai volt/div nya menjadi 5000 volt/div atau 5 kV/div. Sedangkan pengaturan pada *oscilloscope* untuk pengukuran arus diposisikan pada 100 mA/div atau 0,1 A/div. Contoh pengukurannya pada gambar 6 yaitu arus dan tegangan yg muncul di *pc-oscilloscope* hantek berada pada posisi 1,45 div. Oleh karena itu arus dan tegangan maksimum dapat dihitung sebagai berikut :

$$V = 1,45 \text{ div} \times 5 \frac{\text{kV}}{\text{div}}$$

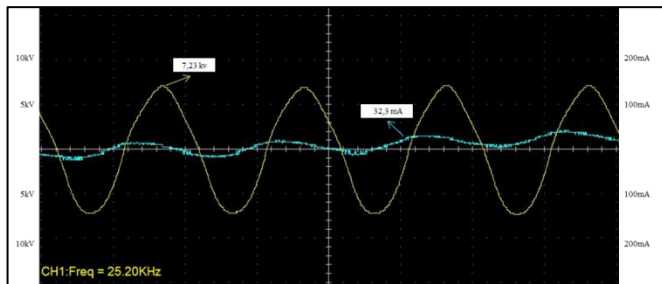
$$V = 7,23 \text{ kV}$$

Untuk arus, puncak gelombang arus yang muncul di *pc-oscilloscope* hantek berada pada posisi 0,32 div. Maka arus maksimumnya adalah :

$$A = 0,32 \text{ div} \times 100 \frac{\text{mA}}{\text{div}}$$

$$A = 32,3 \text{ mA}$$

Berikut adalah gambar tegangan dan arus elektroda diameter 25mm :



Gambar 7 gelombang tegangan dan arus elektroda 25 mm dengan permukaan tidak rata.

Hasil pengukuran tegangan dan arus dengan menggunakan tiga buah elektroda yang memiliki ukuran yang berbeda dapat kita lihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 3 Tabel Pengukuran Tegangan Dan Arus.

Ukuran Elektroda	Tegangan (kV)	Arus (mA)	Frekuensi (KHz)
25 mm dengan permukaan kasar	7,23 kV	32,30 mA	25,20 KHz
27 mm dengan permukaan kasar	6,10 kV	30,14 mA	25,05 KHz
27 mm dengan permukaan halus	6, 05 kV	29,08 mA	25,00 KHz

4.3 Hasil Pengukuran Konsentrasi Ozon

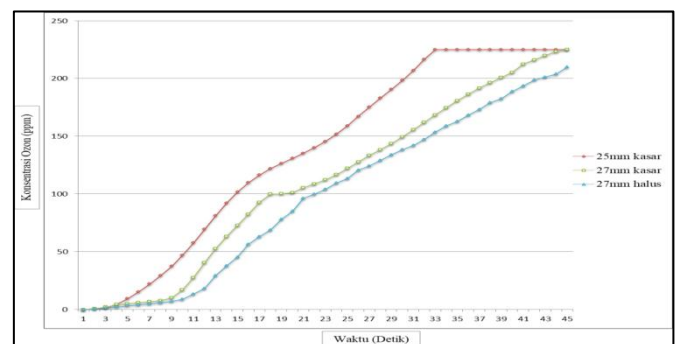
Pengukuran konsentrasi ozon dengan laju alir 4L/min pada 3 elektroda dengan pengaruh medan magnet selama 45 detik. Dan hasil pengukurannya dapat dilihat pada tabel dibawah :

Tabel 4 Data Konsentrasi Ozon Dengan Laju Alir 4 L/Min Pada 3 Buah Elektroda Dengan Pengaruh Medan Magnet.

Waktu (Sekon)	Konsentrasi Ozon		
	Elektroda 25 mm permukaan kasar	Elektroda 27 mm permukaan Halus	Elektroda 27 mm permukaan kasar
1	0	0	0
2	0,9	0,9	0,7
3	1,6	2,3	1,5
4	4,5	4,4	2,2
5	9,5	5,2	3,4
6	15,4	6,1	4,2
7	22,1	6,9	5,0
8	29,5	7,9	6,1
9	37,6	10,3	7,3
10	47,0	17,1	9,0
11	57,8	27,8	13,5
12	69,5	40,5	18,4
13	81,3	52,7	29,5
14	92,3	63,3	37,8

15	101,8	72,8	45,6
16	109,9	82,6	56,6
17	116,6	92,9	63,2
18	122,1	99,9	69,1
19	126,7	100,2	78,3
20	131,0	101,3	85,4
21	135,4	105,5	96,3
22	140,2	108,8	100,1
23	145,6	112,3	104,2
24	151,9	116,9	109,7
25	159,2	122,2	113,5
26	167,4	127,8	120,8
27	175,4	133,4	124,4
28	183,2	138,4	129,3
29	190,7	143,7	134,1
30	198,5	149,6	138,7
31	207,1	155,8	142,3
32	216,6	162,0	147,5
33	225,0	168,5	153,7
34	-	174,8	159,2
35	-	180,9	163,0
36	-	186,4	168,6
37	-	191,7	173,4
38	-	196,4	179,2
39	-	200,9	182,7
40	-	205,3	188,9
41	-	212,6	193,7
42	-	216,2	199,0
43	-	219,9	201,4
44	-	223,4	204,0
45	-	225,0	210,1

Dari hasil pengukuran diatas, konsentrasi ozon elektroda berukuran 25mm dengan permukaan tidak rata memiliki hasil perolehan konsentrasi ozon yang lebih tinggi yaitu 225ppm dengan waktu yang lebih singkat yaitu hanya pada detik 33. Untuk grafik konsentrasi ozon dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 8 Grafik Konsentrasi Ozon Dengan Laju Alir 4L/Min Dengan Pengaruh Medan Magnet.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada penelitian dan pengujian yang telah dilakukan diperoleh berbagai hasil pengukuran baik plasma, arus, tegangan, dan konsentrasi ozon yang dilampirkan pada bab IV, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil pengujian bentuk plasma terbaik yaitu pada elektroda 25mm dengan permukaan yang tidak rata/kasar dengan pengaruh medan magnet di sekelilingnya yang memiliki nilai intensitas cahaya sampai 310 a.u.
2. Hasil pengukuran tegangan tertinggi yaitu 7,84 kV terdapat pada elektroda 25mm permukaan kasar, dan perolehan tegangan terendah yaitu 6,05 kV pada elektroda 27mm dengan permukaan yang halus.
3. Hasil pengukuran arus tertinggi diperoleh 32,38mA pada elektroda 25mm dengan permukaan yang kasar dan arus terendah diperoleh 29,07mA pada elektroda 27mm dengan permukaan yang lebih halus.
4. Hasil pengukuran konsentrasi ozon menunjukkan elektroda 25mm dengan permukaan yang kasar dapat menghasilkan konsentrasi ozon yang lebih tinggi dibandingkan dengan elektroda 27mm dengan permukaan kasar maupun halus.

DAFTAR PUSTAKA

- Adami, A. (Juli 2011). Rancang Bangun dan Uji Kerja Generator Ozon Koaksial Tipe Triple Pass Untuk Pengolahan air. *Universitas Indonesia*.
- Ariadi Hazmi, R. D. (April 2012). Penghilangan Mikroorganisme dalam Air Minum dengan Dielectric Barrier Discharge. *Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas*, Volume 10.
- Arifin, F., Warsito, A., & Syakur, A. (2011). Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi Impuls Untuk Aplikasi Pengolahan Limbah Cair Industri Minuman Ringan Dengan Teknologi Plasma Lucutan Korona.
- K.G. Kostov, R. Y. (6 Maret 2009). Characteristics of Dielectric Barrier Discharge Reactor for Material Treatment. *Engineering Faculty of Guaratinguetá FEG, State University of São Paulo UNESP*.
- Kato, M., Tri Sugiarto, A., Tokutake, T., & Ohsima, T. (2004). Develoving Water Survace Discharge For Wastewater Treatment.
- Khamdi, A., & Aminah, S. (2012). Peranan Plasma Lucutan Pijar Korona Terhadap Penurunan Total Bakteri Susu Segar.
- Lukmanto, A. (Juli 2009). Rancang Bangun Generator Ozon Koaksial Shield and Tube Untuk Penglahan Air Bersih dan Air Minum. *Universitas Indonesia*.
- Mudiya, F. (2019). Pembangkit Plasma Tegangan Tinggi.
- Murdiya, F. (2005). Research On Creeping Discharge Phenomena In Insulating Oils Vegetable-Based Oils As Substitute Of Mineral Oil.
- Murdiya, F. (2018). Pembangkit Plasma Tegangan Tinggi.
- Suraidin, M. N. (2016). Study of ozone reactor with dielectric barrier discharge plasma(BDBP). *Journal of Physics*.
- Susilowati, G. (2011). *Perbandingan Konfigurasi Geometri Elektroda pada Reaktor Plasma Lucutan Korona Tegangan Tinggi Impuls dan Aplikasinya Sebagai Pengolahan Limbah Cair*. Universitas Diponegoro.
- Tuhu Agung R, H. S. (2009). *Pengolahan Air Limbah Industri Tahu Dengan Menggunakan Teknologi Plasma*. Jawa Timur.
- WALUYO, D. A. (Juni 2015). Perancangan dan Realisasi Generator Ozon. *Jurnal ELKOMIKA*, Volume 3.
- Widdi Usada, S. A. (27 Juni 2002). Konstruksi Sumber Daya Generator Ozo. *P3TM-BATAN*.
- Yugo Triawanto, d. E. (Januari 2016). Pengaruh Variasi Topologi Elektroda terhadap Kadar Ozon yang Dihasilkan Oleh Generator Ozon. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111*, Volume 12.