

PENGARUH FREKUENSI RESONANSITERHADAPPEMBANGKITAN OZON PADADIELECTRIC BARRIER DISCHARGEYANG TERINDUKSI MAGNET DAN TANPA MAGNET

¹⁾Liho Dachanri Doly,¹⁾Fri Murdiya

Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya, Jl. H. R. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam
Pekanbaru 28293
Email:liho.dachanri@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Ozone is a strong oxidizer consisting of oxygen which can replace chlorine so that it is used to treat wastewater, deodorizing, deinfesting, sterilizing medical devices and eliminating germs. Ozone can be generated by using ultraviolet radiation, optochemical reactions and dielectric barrier discharge (DBD). The most widely used ozone generation technology is dielectric barrier discharge. The power supply tools built are power supply as a PLN voltage rectifier, switch control circuit IC CD4047, push pull inverter circuit, parallel LC resonant circuit and flyback transformer as a voltage to voltage converter high. The resonant frequency of a parallel LC with a constant inductor (L) value of 100mH and a variation of the capacitor (C) value of 150nF, 470nF and 1F. This test also uses permanent magnets above and below the electrode with two conditions, namely attraction and without magnet. The test results show that the even distribution of plasma occurred in dielectric barrier discharge (DBD) at a gap of 2mm air gap at a resonant frequency of 41 kHz in two magnetic conditions was attraction and without magnet. Furthermore, the greatest voltage seen occurs in the Ia model (resonant frequency 41 kHz magnetic attraction condition) compared to other conditions with a voltage value of 8.73kV. The highest ozone concentration in this study can be seen in the Ia model of all testing models. The ozone concentration of model IIc (503 Hz resonant frequency without magnetism) had the lowest ozone concentration of all models and conditions.

Keyword: dielectric barrier discharge, inverter push pull parallel resonant, plasma, magnetic field, Ozone

1. PENDAHULUAN

Ozon adalah pengoksidasi yang kuat terdiri dari oksigen yang dapat menggantikan klorin sehingga digunakan untuk mengolah air limbah, penghilang bau, deinfeksi, polusi udara, debu, pemrosesan, makanan, sterilisasi alat medis dan dapat menghilangkan kuman. Ozon pertama kali ditemukan oleh peneliti Eropa bernama C.F. Schonbein pada tahun 1839. Ia mengidentifikasi bau yang timbul pada anoda selama elektrolisis air sebagai senyawa baru yang diberi nama ozon. Ozon pertama kali digunakan secara komersial pada tahun 1907 dalam menyediakan air yang baik dan pada tahun 1910 di St. Petersburg. Ozon merupakan komponen yang tidak stabil dan terurai pada temperatur lingkungan dan terurai dengan sangat cepat pada temperatur tinggi (Teke and Nur, 2014). Ozon dapat dibangkitkan dengan

menggunakan radiasi ultraviolet, reaksi optochemical dan *dielectric barrier discharge* (DBD).

Teknologi pembangkitan ozon yang paling banyak digunakan adalah dengan *dielectric barrier discharge*. DBD menjadi salah satu alat yang sangat kuat untuk memproduksi ozon. DBD dihasilkan dengan mensuplai bagian dielektrik barrier discharge dengan tegangan tinggi yang pada nilai tertentu akan menghasilkan plasma yang terlihat oleh mata. Plasma ini terjadi karena kegagalan suatu material untuk mempertahankan sifat isolatornya (Murdiya, Febrizal dan Amri, 2017).

DBD tersusun atas dua elektroda yang dipisahkan oleh celah beberapa milimeter dan ditutupi dengan lapisan dielektrik. Sistem DBD

umumnya terdiri dari power supply, elektroda dan rangkaian inverter (Teke dan Nur, 2014). Rangkaian inverter merupakan salah satu jenis converter pada rangkain elektronika daya yang berfungsi sebagai perubah tegangan, yaitu dari tegangan AC menjadi DC. Pada sistem rangkaian inverter konvensional dibutuhkan transformator sebagai penaik tegangan, sehingga di dapatkan tegangan keluaran yang sesuai dengan yang di butuhkan.

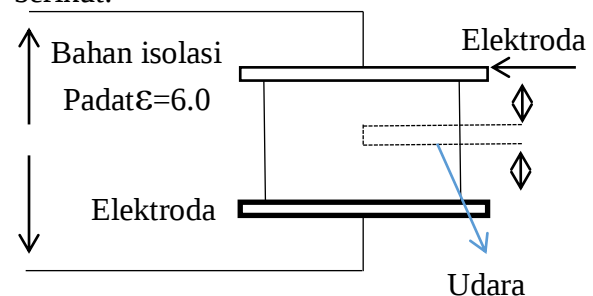
Yidi Liu et al, melakukan sebuah penelitian mengenai efek paralel medan magnet terhadap *dielectric barrier discharge* yang disuplai pulsa nanosecond dibawah frekuensi pulsa yang berbeda. Efek dari medan magnet paralel terhadap plasma yang dibangkitkan antara dua piringan elektroda paralel yang dipisahkan oleh udara diuji dibawah frekuensi pulsa yang berbeda ini mengindikasikan bahwa arus pulsa yang meningkat dari tegangan, pulsa dan nilai arus meningkat dengan magnet paralel. Resonansi yang menghasilkan tegangan tertinggi yaitu sebesar 2,67 Kv (Liu et al., 2018).

Upaya untuk menaikkan tegangan dengan menaikkan frekuensi resonansi yang terdapat pada pemakaian rangkaian resonan LC seri. Sirkuit L-C digunakan baik untuk menghasilkan sinyal pada frekuensi tertentu, atau memilih sinyal pada frekuensi tertentu dari sinyal yang lebih kompleks, fungsi ini disebut filter bandpass. Rangkain LC adalah komponen kunci dalam banyak perangkat elektronik, khususnya peralatan radio, yang digunakan dalam sirkuit seperti osilator, filter, tuner dan mixer frekuensi. Adapun frekuensi resonansi berpengaruh pada *dielectric barrier discharge*, pengaruh ini berada pada sisi daya input yang masuk ke *dielectric berrier discharge*. Meningkatnya frekuensi resonansi akan membuat daya masukan meningkat sehingga akan meningkatkan ozon yang dihasilkan (Taylor, Haverkamp dan Miller, 2002). Oleh sebab itu pada tugas akhir ini dilakukan penelitian tentang pengaruh frekuensi resonansi terhadap pembangkitan ozon pada *dielectric barrier discharge* yang terinduksi magnet dan tanpa magnet.

Peluhan Sebagian

Peluhan Parsial adalah peristiwa terjadinya pelepasan/loncatan bunga api listrik pada isolasi yang terdapat diantara dua elektroda dimana kedua elektoda tersebut memiliki tegangan yang berbeda tetapi

peluhan ini tidak menghubungkan kedua elektroda secara sempurna. Peristiwa ini terjadi pada bahan isolasi padat yang konstruksinya tidak merata atau terdapat rongga-rongga udara pada isolasi (Tobing, 2017). Peluhan dapat dilihat pada gambar berikut.

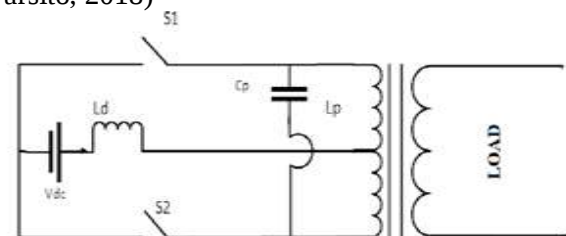


Gambar 1. Rongga Udara Bahan Isolasi Padat

(Tobing, 2017)

Inverter Push Pull Resonan Paralel

Rangkain inverter *push pull* dengan rangkaian LC resonan merupakan suatu rangkaian yang terdiri dari sebuah induktor dan kapasitor (rangkain resonan), mosfet bertipe IRFZ44 dan sebuah trafo untuk menaikkan tegangan. Rangkain inverter *push pull* resonan paralel tersebut dapat dilihat pada gambar 2.7 berikut (Syafi'i, Facta and Warsito, 2018)



Gambar 2. Rangkain Inverter Push Pull Resonan Paralel

(Syafi'i, Facta dan Warsito, 2018)

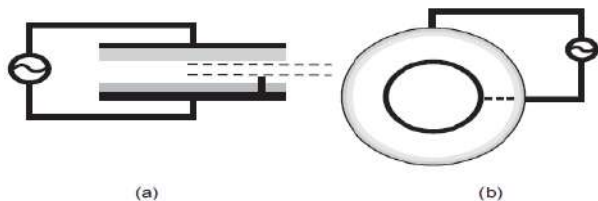
Untuk menentukan nilai frekuensi resonansi ditentukan dengan persamaan berikut:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ (Hz)} \quad (1)$$

Lucutan penghalang dielektrik (*dielectric barrier discharge*)

Lucutan penghalang dielektrik (*dielectric barrier discharge*) atau disebut juga lucutan plasma senyap (*silent discharge plasma*) merupakan peluhan listrik antara dua elektroda yang dipisahkan dengan isolator dielektrik.

Elektroda yang digunakan adalah elektroda berkonfigurasi plat. Elektroda plat terbuat dari besi dengan diameter 9 cm berbentuk lingkaran (Yulastri, Hazmi dan Desmiarti, 2013)



Gambar 3. Konfigurasi *Dielectric Barrier Discharge*
(Bonggas, 2012)

Konfigurasi elektroda dari lucutan penghalang dielektrik ditunjukkan pada gambar 3, dengan bagian abu-abu yang merupakan bahan dielektrik. Pembangkit tegangan tinggi berperan menyuplai arus yang terhubung ke elektroda dan bahan dielektrik sehingga akan menghasilkan lucutan diantara celah elektroda dan menyebabkan gas akan terionisasi

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan metoda penelitian berupa perancangan inverter tegangan tinggi sebagai catu daya dan *dielectric barrier discharge* sebagai tempat terjadi lucutan plasma. Plasma yang dihasilkan tadinya akan diukur arus *discharge* dan tegangan *discharge*, bentuk plasma akan diamati melalui kamera Hanphone, serata konsentrasi ozon diukur menggunakan alat ukur Ozon.

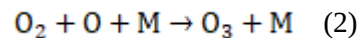
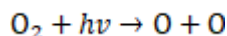
Catu daya tegangan tinggi yang dirancang terdiri dari rangkaian penyearah tegangan PLN 220 VAC menjadi DC yaitu melalui SMPS, rangkaian kontrol IC CD4047, Mosefet IRFZ44, rangkaian resonan LC paralel dengan nilai L konstan dan nilai C yan bervariasi . Rangkaian yang telah dibangun akan diletakkan pada panel kontrol.

Pengujian akan dilakukan pada jarak 2mm dengan variasi nilai C pada dielektrik barrier *discharge* yang memiliki magnet dengan kondisi yaitu tarik- menarik. Setelah itu dilanjutkan pengujian tanpa magnet.

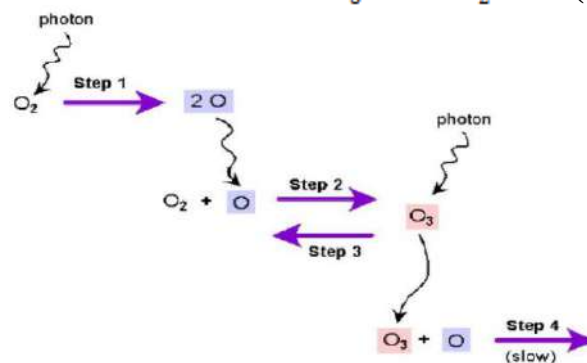
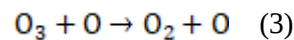
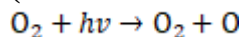
Ozon

Ozon adalah bagian terkecil dari atsmosfer bumi dengan total volume 0.03% dari seluruh volume atmosfer bumi. Ozon berada pada lapisan stratosfer yang berfungsi sebagai filter dan pelindung dari radiasi sinar ultraviolet matahari. Sehingga efek dari sinar ultra violet dapat berkurang dan tidak membahayakan mahluk bumi (Syafarudin,

2013).Proses ini ditunjukkan pada reaksi kimia dibawah



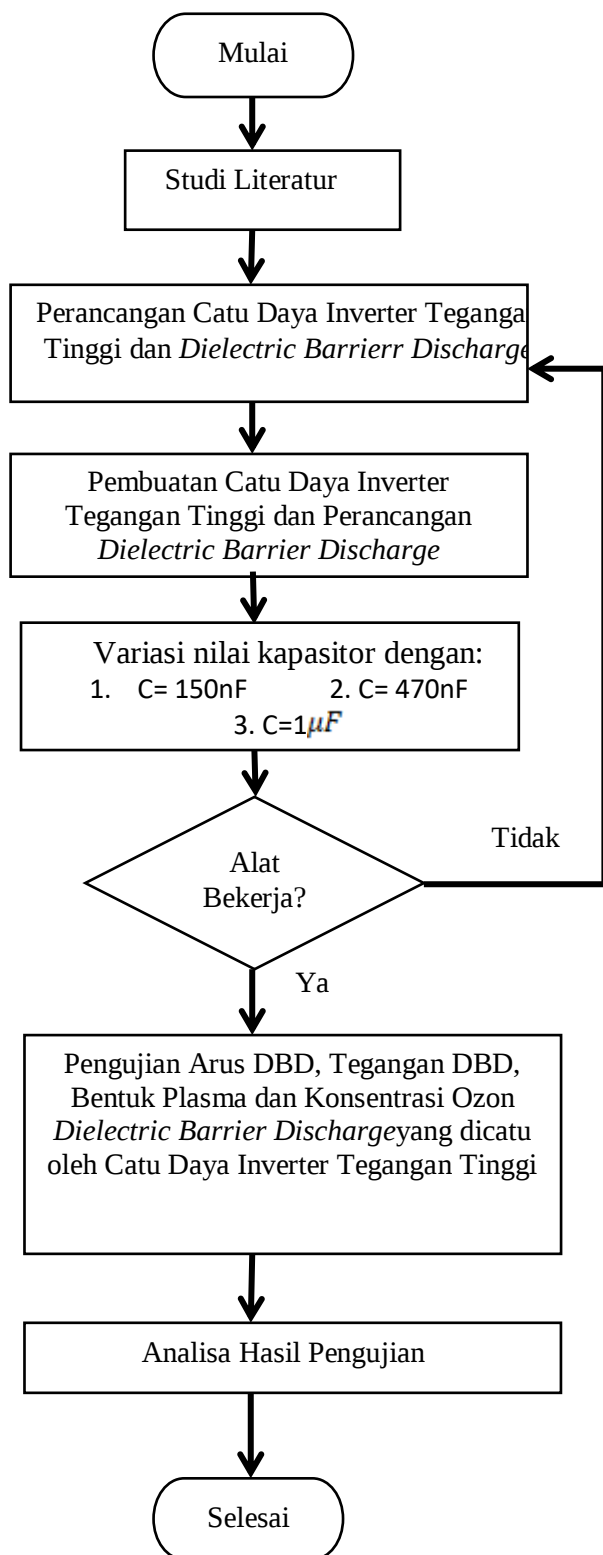
(Dimana M adalah O_2 atau N_2)



Gambar 4. Proses Pembentukan dan Penguraian Ozon
(Syafarudin, 2013)

Flowchart Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian ini dapat dilihat pada *flowchart* yang ditunjukkan pada gambar 5.

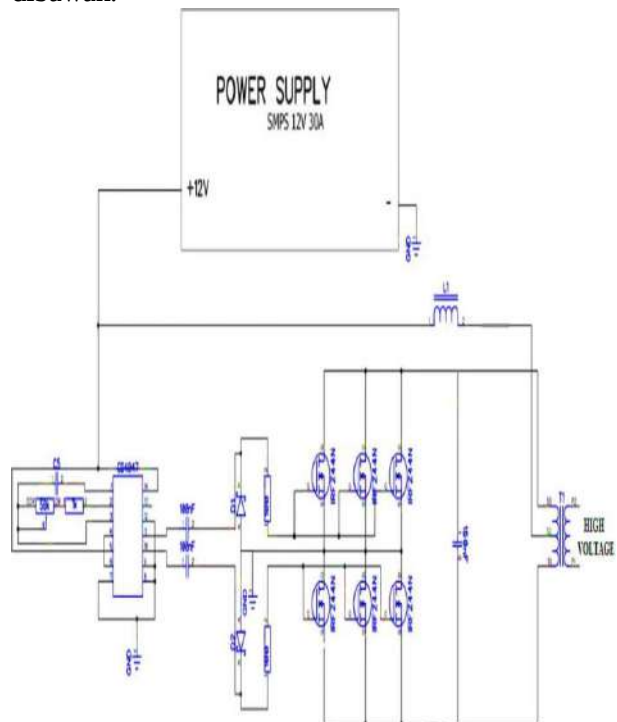


Gambar 5. Flowchart Penelitian

Perancangan Catu Daya

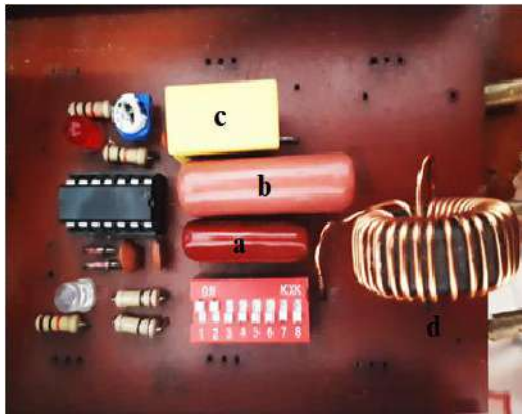
Perancangan catu daya dalam penelitian ini meliputi perancangan inverter resonan paralel yang dikendalikan oleh PWM IC CD4047 dengan suplai DC dari SMPS yang berfungsi

menyearahkan tegangan Sumber PLN 220 V. SMPS ini terhubung kedua jalur yaitu induktor 100mH dan rangkain kontrol yang digunakan untuk mengendalikan mosfet jenis Irfz44N. Tegangan keluaran SMPS bernilai 10,5VDC yang terhubung kerangkaian kontrol IC CD4047 menghasilkan tegangan keluaran IC Sebesar 9,5 VDC. Kemudian keluran tesebut dihubungkan ke kaki gate dari mosfet dengan frekuensi osilasi sebesar 18 kHz-20 kHz. Sehingga didapatkan keluaran inverter sebesar 10,49 V yang akan disuplai pada trafo Flyback dengan belitan primer flyback memiliki center tap yang terhubung dari keluaran smps 10,5 VDC melalui induktor 100mH . Keluaran Trafo tanpa beban didapatkan sebesar 10,7kV dengan frekuensi 20 kHz. Rangkaian Catu daya lebih jelasnya dapat dilihat dari gambar 6 dibawah.



Gambar 6. Rangkaian Catu Daya Tegangan Tinggi

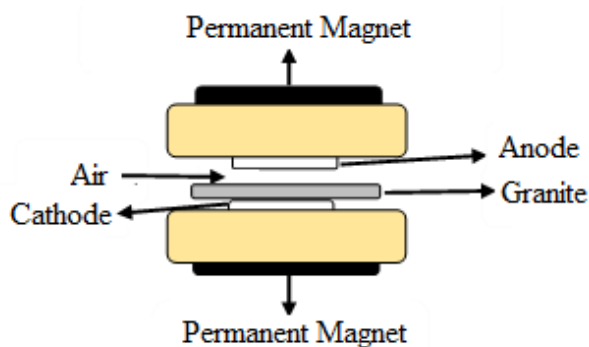
Mosfet yang digunakan pada Inverter ini adalah mosfet jenis Irfz44N yang disusun 3 buah secara seri, hal ini digunakan agar mosfet dapat menahan arus yang besar. Mosfet ini terhubung paralel terhadap switch kapasitor 150nf, 470nf, dan 1µF yang masuk ke sisi atas dan bawah primer dari trafo flyback. Gambar kapasitor yang digunakan dapat dilihat pada gambar 7 berikut.



Gambar 7. Kapasitor (a. 150nF, b. 470nF, dan c. 1uF) dan Induktansi 100mH

Perancangan *Dielectric Barrier Discharge*

Untuk menghasilkan plasma dibutuhkan media berupa *dielectric barrier discharge*. Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan perancangan *dielectric barrier discharge*. Konstruksi dari *dielectric barrier discharge* merupakan 2 buah Plat yang mengapit dielektrik padat dan dielektrik udaran yang ditunjukkan pada gambar 8 berikut.



Gambar 8. Konstruksi *Dielectric Barrier Discharge*

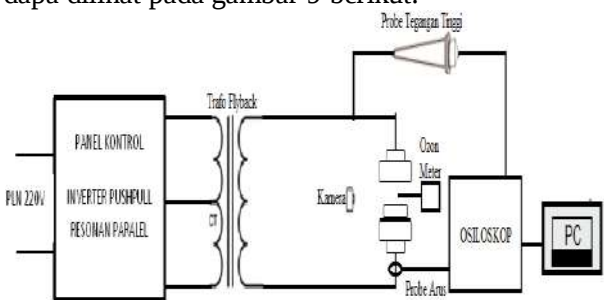
Dalam penelitian ini digunakan plat besi sebagai elektroda katoda dan anoda. Plat ini berbentuk lingkaran yang memiliki diameter sebesar 10 cm, plat ini dilekatkan pada kerangka mika. Diantara dua plat tersebut terdapat dielektrik yang memisahkannya, dielektrik ini ada dua jenis yaitu dielektrik udara dan dielektrik padat. Dielektrik udara disebut juga dengan gap, dan dielektrik padat yang digunakan adalah bahan keramik dengan ketebalan 9mm.

Dalam penelitian ini digunakan magnet permanen yaitu magnet speaker, magnet ini diletakkan diatas elektroda positif (atas) dan dibawah elektroda negative (bawah). Magnet diatur pada kondisi tarik-menarik dan tanpa

magnet. Dibawah plat terdapat magnet *Neodymium* kecil-kecil yang menempel pada plat positif.

Proses Pengujian *Dielectric Barrier Discharge*

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran pada *dielectric barrier discharge* yang terhubung pada rangkaian catu daya inverter push-pull resonan parallel yang telah dirancang dengan 3 tegangan keluaran tanpa beban yang mana pada kapasitor 150nF sebesar 10,7 Kv, kapasitor 470nF sebesar 10,2 kV, dan kapasitor 1uF sebesar 9,25 kV dengan frekuensi 18 kHz-20 kHz. Pengukuran yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah Pengukuran arus DBD, tegangan DBD, bentuk plasma serta konsentrasi ozon. Skema pengujian dapat dilihat pada gambar 9 berikut.



Gambar 9. Skema Pengujian Penelitian

Pengukuran arus dan tegangan dilakukan dengan menggunakan Osiloskop Hantek digital. Pengukuran tegangan dan arus dilakukan menggunakan osiloskop Hantek digital bc6000. Osiloskop hantek Dapat dilihat pada gambar 10 dibawah Osiloskop ini jenis osiloskop digital yang terhubung ke perangkat komputer sebagai tampilan layar osiloskop. Pengukuran ini menggunakan laptop ASUS dengan Windows 10 Pro sebagai perangkat komputer yang sudah di instal program dari Osiloskop Hantek



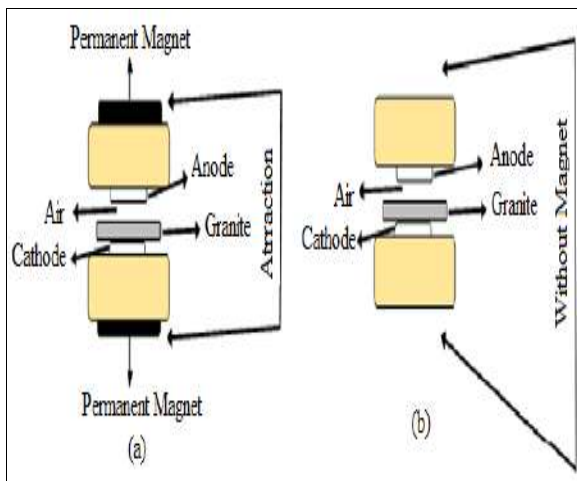
Gambar 10. Osiloskop Hantek BC6000

Pengukuran ini menggunakan Probe Tegangan tinggi yang berfungsi sebagai pengali tegangan yang terbaca pada osiloskop, dengan perbandingan 1:1000. Arus juga diukur

menggunakan osiloskop hantek digital dengan menggunakan Probe Arus Hantek.

Pengukuran ini dilakukan pada dua model kondisi magnet yang dapat dilihat pada gambar 11 berikut. Dua model kondisi magnet ini adalah:

1. Model I yaitu kondisi magnet tarik-menarik
2. Model II yaitu kondisi tanpa magnet

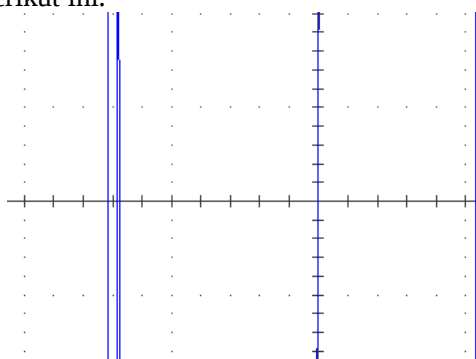


Gambar 11. Posisi Magnet pada *Dielectric Barrier Discharge* (a) Model I, (b) Model II

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gelombang Keluaran Inverter *Push Pull* Resonan Paralel dan Hasil Perhitungan Nilai Frekuensi Resonansi

Gelombang keluaran inverter tanpa menggunakan kapasitor dapat dilihat pada gambar 12 berikut ini.



Gambar 12 Gelombang Keluaran Inverter Tanpa Menggunakan Kapasitor

Hasil perhitungan nilai frekuensi resonansi didapatkan sebagai berikut:

- a. Untuk nilai kapasitor 150nF maka frekuensi resonansi yang didapat adalah

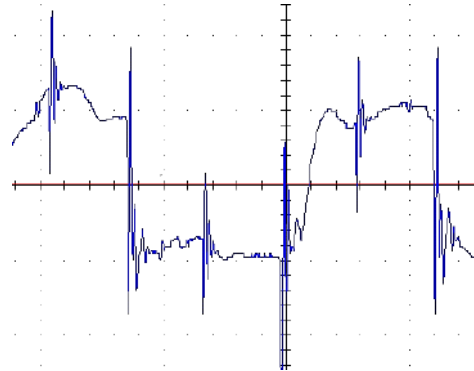
$$F_{osc} = \frac{1}{4,4RC}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{(100mh)(150nf)}}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{(100 \times 10^{-3} H)(150 \times 10^{-9} F)}}$$

$$f_r = 41.093 \text{ Hz} = 41 \text{ kHz}$$

Gambar Gelombang keluaran inverter menggunakan kapasitor 150nF dapat dilihat pada gambar 13 berikut ini.



Gambar 13. Gelombang Keluaran Inverter Menggunakan Kapasitor 150nF

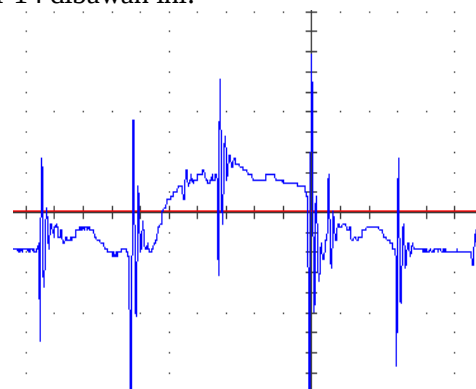
- b. Untuk nilai kapasitor 470nF maka frekuensi resonansi yang didapat adalah:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{(100mh)(470nf)}}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{(100 \times 10^{-3} H)(470 \times 10^{-9} F)}}$$

$$f_r = 23.215 \text{ Hz} = 23 \text{ kHz}$$

Gambar Gelombang keluaran inverter menggunakan kapasitor 470nF dapat dilihat pada gambar 14 dibawah ini:



Gambar 14. Gelombang Keluaran Inverter Menggunakan Kapasitor 470nF

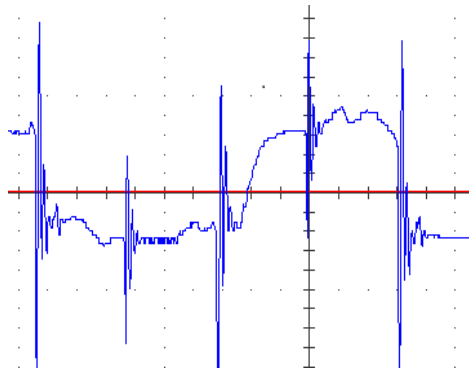
- c. Untuk nilai kapasitor 1μF maka frekuensi resonansi yang didapat adalah:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{(100\text{mh})(1\mu f)}}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{(100 \times 10^{-3} \text{ H})(1 \times 10^{-6} \text{ F})}}$$

$$f_r = 503 \text{ Hz}$$

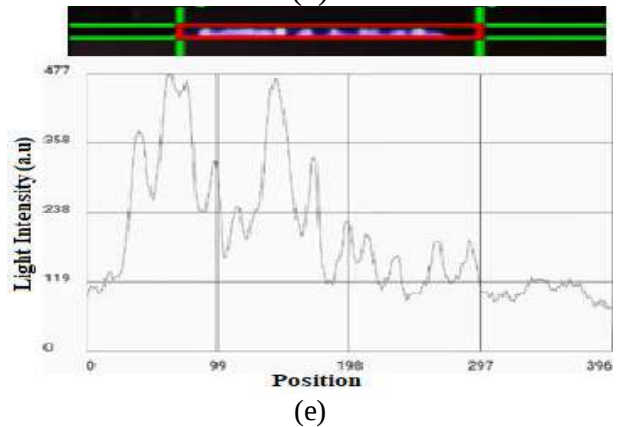
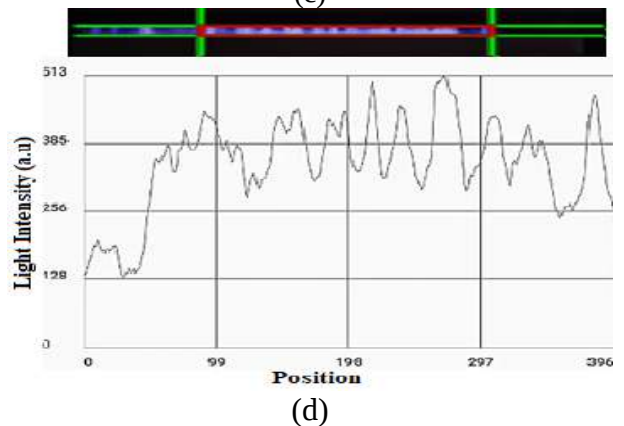
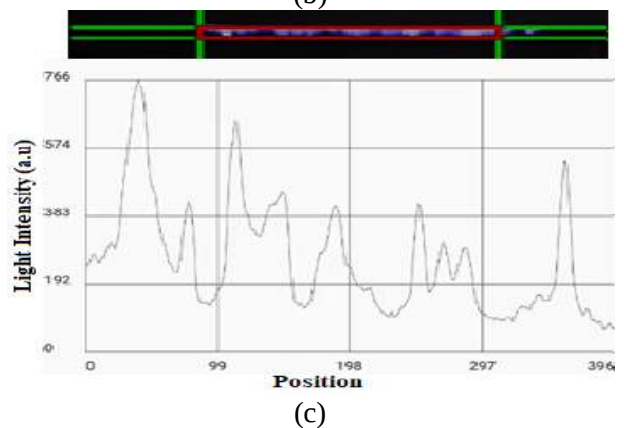
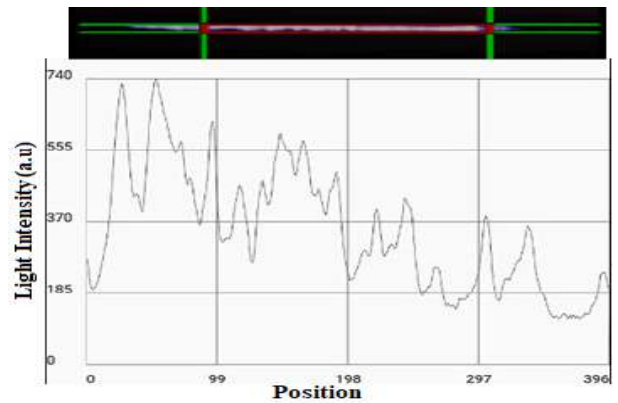
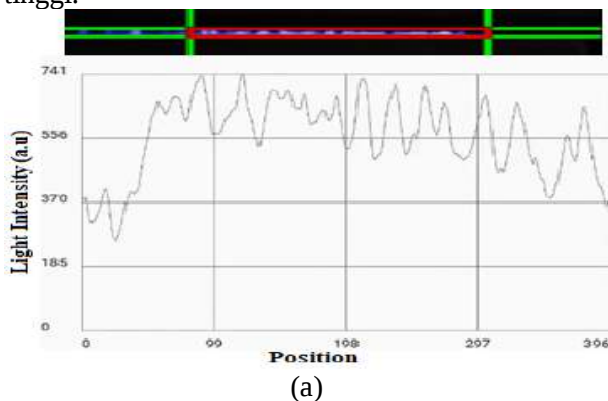
Gambar Gelombang keluaran inverter menggunakan kapasitor $1\mu f$ dapat dilihat pada gambar 15 berikut ini.

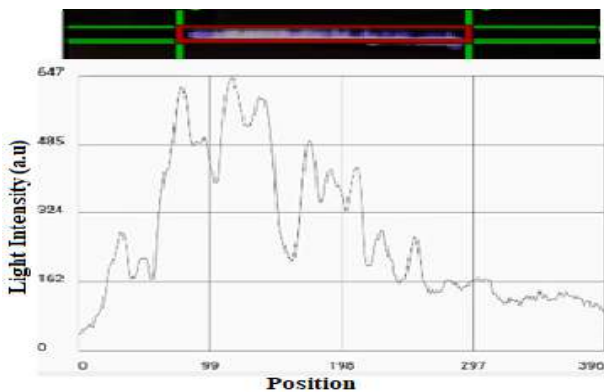


Gambar 15. Gelombang Keluaran Inverter Menggunakan Kapasitor $1\mu F$

B. Bentuk Plasma

Bentuk plasma dilihat dengan menggunakan kamera handphone dengan menggunakan aplikasi android Aspectra Mini. Aspectra Mini merupakan spectrometer yang berfungsi untuk melihat spectrum cahaya dari sebuah gambar. Aspectra ini menunjukkan nilai intensitas cahaya. Apabila nilai semakin tinggi maka luminasi atau kecerahan cahaya semakin tinggi.

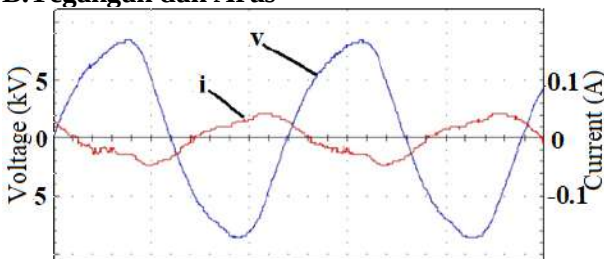




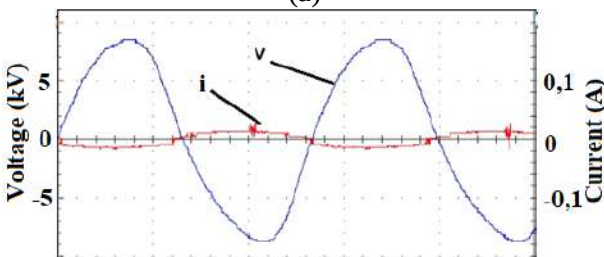
(f)
Gambar 16. Bentuk Plasma, (a) model Ia, (b) model Ib, (c) model Ic, (d) model IIa, (e) model IIb, (f) model IIc

Pada gambar 16 diatas menunjukkan pengujian *plasmadielectric barrier discharge* pada jarak 2mm dan didapatkan intensitas cahaya tertinggi pada model Ia pada frekuensi resonansi 150nF kondisi magnet Tarik-menarik. Intensitas cahaya terendah pada model IIb pada frekuensi resonansi 470nF kondisi tanpa Magnet.

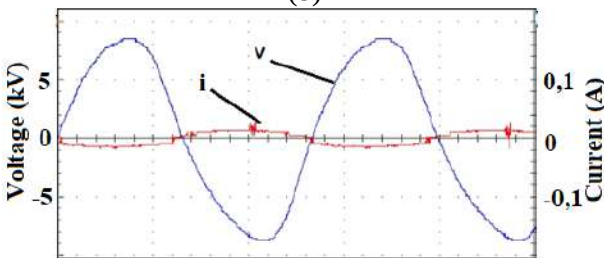
B. Tegangan dan Arus



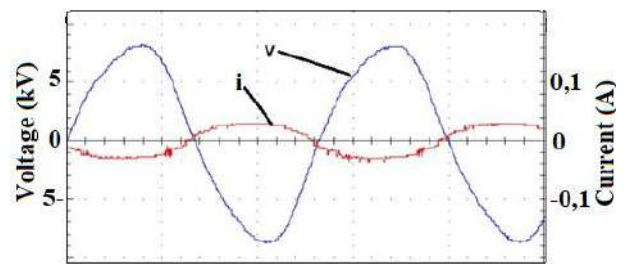
(a)



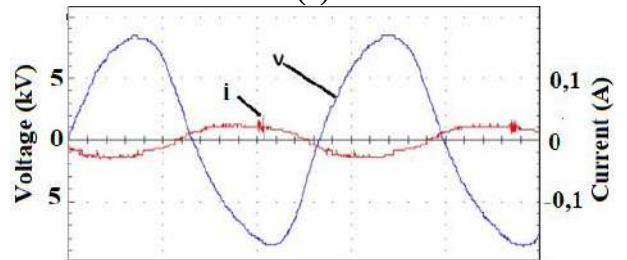
(b)



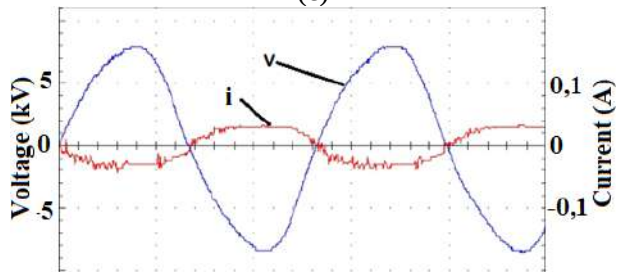
(c)



(d)



(e)



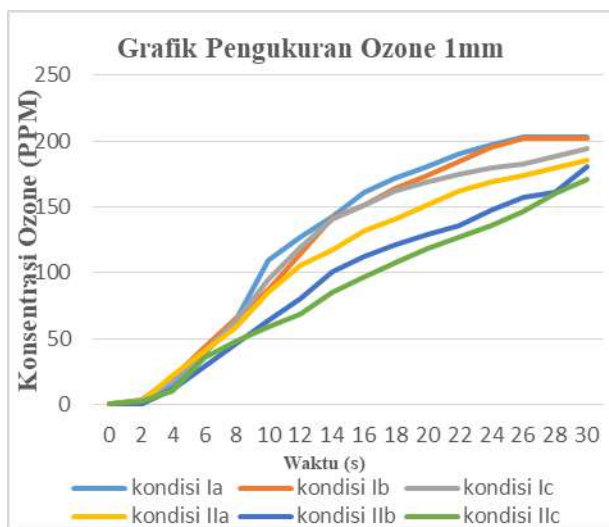
(f)

Gambar 17. Tegangan dan Arus *Dielectric Barrier Discharge*, (a) model Ia, (b) model Ib, (c) model Ic, (d) model IIa, (e) model IIb, (f) model IIc

Dari gambar 17 diatas dapat diketahui bahwa tegangandielectric barrier discharge tertinggi pada jarak 2mm berada pada frekuensi resonansi 41kHz kondisi tarik-menarik (Model Ia) dengan nilai tegangan dan arus sebesar 8,63kV dan 40,7mA. Sedangkan tegangan *dielectric barrier discharge* terkecil berada pada frekuensi resonansi 500Hz. Dengan demikian nilai arus pada kondisi tarik-menarik pada jarak 2mm lebih tinggi dari kondisi tolak-menolak

C. Konsentrasi Ozon

Gambar 18 berikut menunjukkan grafik pengukuran Konsentrasi ozon terhadap waktu pada semua model. Dari grafik diawah menunjukkan bahwa konsentrasi ozon terbesar dengan waktu tercepat berada pada frekuensi resonansi 41 kHz kondisi magnet Tarik-menarik. Sedangkan konsentras terendah terjadi pada frekuensi resonansi 500 Hz kondisi tanpa magnet



Gambar 18. Grafik pengukuran konsentrasi ozon jarak 2mm

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan seperti penyebaran plasma yang merata terjadi pada *dielectric barrier discharge* (DBD) pada jarak celah udara 2mm pada frekuensi resonansi 41 kHz di dua kondisi magnet yaitu Tarik-menarik dan tanpa magnet. Selanjutnya tegangan terbesar terlihat terjadi pada model Ia (frekuensi resonansi 41 kHz kondisi magnet Tarik-menarik) dibandingkan dengan kondisi lainnya dengan nilai tegangan sebesar 8,73kV. Konsentrasi ozon tertinggi pada penelitian ini dapat dilihat pada model Ia dari semua model pengujian. Adapun konsentrasi ozon model IIc memiliki konsentrasi ozon yang paling rendah dari semua model dan kondisi.

DAFTAR PUSTAKA

- Amjad, M. and Salam, Z. (2014) 'Design and implementation of a high-frequency LC-based half-bridge resonant converter for dielectric barrier discharge ozone generator', *IET Power Electronics*, 7(9), pp. 2403–2411. doi: 10.1049/iet-pel.2013.0511.
- Liu, Y. et al. (2018) 'Effect of parallel magnetic field on repetitively unipolar nanosecond pulsed dielectric barrier discharge under different pulse repetition frequencies', *Physics of Plasmas*, 25(3). doi: 10.1063/1.5016898.
- Margi S, K. and Pendawa W, S. (2015) 'Analisa Dan Penerapan Metode Single Exponential Smoothing Untuk Prediksi Penjualan Pada

Periode Tertentu', *Prosiding SNATIF*, (1998), pp. 259–266.

- Murdiya, F., Febrizal, F. and Amri, A. (2017) 'The performance of surface barrier discharge in magnetic field driven by half bridge series resonance converter', *Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology*, 8(2), p. 95. doi: 10.14203/j.mev.2017.v8.95-102.

- Syafarudin, A. (2013) 'Produksi Ozon dengan Bahan Baku Oksigen Menggunakan Alat Ozon Generator', *Jurnal Teknik Kimia*, 19(2), pp. 1–9.

- Syafi'i, I., Facta, M. and Warsito, A. (2018) 'Inverter Push-Pull Resonan Paralel Berbasis Ic Sg3524', *Transient*, 7(1), p. 70. doi: 10.14710/transient.7.1.70-76.

- Taylor, P., Haverkamp, R. G. and Miller, B. B. (2002) 'Ozone: Science & Engineering: The Journal of the International Ozone Association Ozone Production in a High Frequency Dielectric Barrier Discharge Generator Ozone production in a High Frequency Dielectric Barrier Discharge Generator', *Ozone: Science and Engineering*, 24(March 2013), pp. 37–41.

- Teke, S. and Nur, M. (2014) 'Produksi Ozon Dalam Reaktor Dielectric Barrier Discharge Plasma (Dbdp) Terkait Panjang Reaktor Dan Laju Alir Udara', *Berkala Fisika*, 17(1), pp. 25–32.

- Yulastri, Hazmi, A. and Desmiarti, R. (2013) 'Aplikasi Plasma Dengan Metoda Dielectric Barrier Discharge (DBD) Untuk Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit', *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 2(2), pp. 46–50. doi: 10.20449/jnte.v2i2.85.