

Rancang Bangun Peralatan Sterilisasi dan Disinfeksi Virus Covid-19 Menggunakan Plasma Tegangan 2 kV

Ri Munarto¹, Muhamad Otong¹, Hanry Wiranata

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten.

Informasi Artikel

Naskah Diterima: 26 Nopember 2020

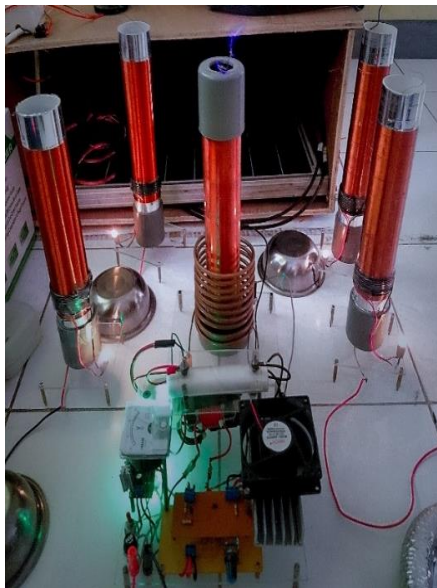
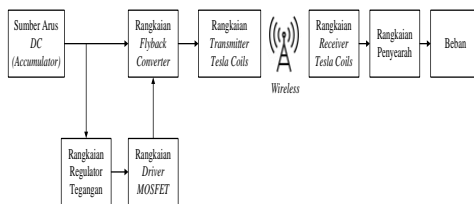
Direvisi: 21 Desember 2020

Disetujui: 21 Desember 2020

*Korespodensi Penulis:

rimunarto@untirta.ac.id

Graphical abstract



Abstract

Atmospheric pressure plasma can sterilize *Escherichia coli* bacteria because many ions and reactive species, such as oxygen and ozone atoms are generated during discharge using emission spectroscopy and the observed emission spectrum is atomic oxygen 394.2 and 436.8 nm and the second positive system nitrogen 337.1 nm.

The experiment results showed that DBD treatment for 70 seconds of sterilized *Escherichia coli* was 99.99% effective and ozone molecules were dominant bacterial species. From these results it can be concluded that the pulsed DBD system is very effective for sterilization.

The result of designing medical equipment for sterilization and disinfection viruses are suitable and can be used to kill *Escherichia coli* bacteria from the result of experiment conducted.

Keywords: atmospheric microplasma, virus sterilization and disinfection, airborne viruses, surface colonized viruses.

Abstrak

Plasma tekanan atmosferik dapat mensterilisasi bakteri *Escherichia coli* karena banyak ion-ion dan spesies reaktif, seperti atom-atom oksigen dan ozon dibangkitkan selama plasma tekanan atmosferik. Dari analisis hubungan diantara hasil sterilisasi dan spesies kimia yang dibangkitkan selama percobaan menggunakan spektroskopi emisi dan spectrum emisi yang diamati adalah oksigen atomik 394,2 dan 436,8 nm dan sistem positif kedua nitrogen 337,1 nm. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa perlakuan DBD selama 70 detik *Escherichia coli* tersterilisasi 99,99% efektif dan molekul ozon adalah spesies bakteri dominan.

Hasil perancangan peralatan medis sterilisasi dan disinfeksi virus sesuai dan dapat digunakan untuk membunuh bakteri *Escherichia coli* dari hasil eksperimen yang dilakukan.

Kata Kunci : Mikroplasma atmosferik, Sterilisasi, Desinfeksi, *Airborne virus*, *Surface colonized virus*.

1. PENDAHULUAN

Selama periode pandemik Covid-19, permasalahan proteksi individu terhadap transmisi melalui udara menjadi mendesak dilakukan. Transmisi melalui udara terjadi saat *droplet* yang mengandung virus atau bakteri, satu cara melalui kontak dengan permukaan terkontaminasi saat tersentuh mulut, hidung, dan mata.

Sterilisasi plasma memperoleh banyak perhatian menggantikan metode sterilisasi tradisional. Spesies aktif mudah dibangkitkan oleh plasma dingin dan oleh karenanya digunakan sebagai sterilisasi atau inaktivasi bakteri dan virus [5-11]. Selanjutnya dapat digunakan menjadi alternatif rekayasa plasma untuk memurnikan udara di ruangan dan di permukaan benda.

Teknik plasma dingin dilakukan di daerah tegangan seringkali lebih dari 20 kV. Pada penelitian ini, dirancang peralatan sterilisasi atau disinfeksi bakteri dan virus di udara dan di permukaan menggunakan reactor plasma berpenghalang dielektrik [12-13].

Plasma dingin tekanan atmosfer diamati memiliki banyak keuntungan daripada plasma yang lain, tidak memerlukan ruang hampa yang mahal. Tegangan pelepasan muatan rendah sekitar 1,5 kV, celah pelepasan muatan hanya sampai 100 mikrometer. Catu daya yang dibutuhkan murah untuk memperoleh intensitas medan magnet yang relatif kecil. Frekuensi operasi bergantung pada catu daya, beberapa kHz sampai 10 kHz.

Pelucutan muatan berpenghalang dielektrik terbentuk oleh elektrode melalui polaritas elektrode bergantian menjadikan plasma yang dihasilkan sebagai media antimikroba yang sangat aktif.

Sterilisasi merupakan proses fisis atau kimia yang dapat mengurangi mikroorganisme. Plasma dapat membunuh atau menghambat pertumbuhan bakteri. Sterilisasi plasma dingin tekanan atmosfer memerlukan waktu sterilisasi pendek sekitar 1 menit dan menghasilkan banyak spesies reaktif (ozon, *radical hydroxyl* dan atom oksigen) yang memiliki keuntungan besar. Mikroorganisme disteriliasi dengan proses fisis dilakukan oleh ion positif dan ion negatif dalam *streamer* lucutan muatan, dan proses kimia dilakukan oleh ozon, atom oksigen dari *radical hidroxyl*. Sterilisasi dapat diklasifikasikan dalam tiga mekanisme, *radical hydroxyl* dapat mencapai asam lemak tak jenuh dan menginduksi peroksidasi, *radical oxygen* yang dapat mengoksidasi asam deoksiribo nukleat dan mengoksidasi asam amino diikuti oleh oksidasi protein. Asam lemak *peroxide* yang dibentuk oleh plasma selanjutnya dirubah menjadi *membrane* lemak.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plasma dan Penggunaannya

Plasma yang dibangkitkan di bawah kondisi lingkungan temperature seringkali dinyatakan sebagai plasma tekanan atmosfer atau pelucutan muatan bercahaya tekanan atmosfer. Pelepasan muatan gas nonthermal tersusun dari spesies plasma yang memiliki energi tinggi, meliputi partikel bermuatan, spesies reaktif secara kimia metastabil dan radikal bebas, dan sinar ultraviolet, secara keseluruhan mengeluarkan energi sebesar 10 eV sehingga mampu memutus ikatan molekuler mikroorganisme. Kombinasi spesies plasma yang memiliki energi tinggi dengan mode perlakuan nonthermal membuat plasma dingin tekanan atmosfer mampu membunuh bakteri dan virus pada peralatan kesehatan dan pengolahan makanan.

Ionisasi udara terjadi saat terjadi plasma pijar korona pada udara. Plasma pijar korona adalah lucutan elektrostatis oleh ion udara yang mengelilingi konduktor, terjadi saat kekuatan medan listrik melebihi nilai batas, tetapi belum menimbulkan busur elektrik. Korona adalah terlepasnya muatan listrik dari permukaan konduktor yang merupakan salah satu gejala tembus parsial karena adanya kuat medan listrik yang sangat tinggi di permukaan electrode. Elektron bebas disekitar medan tinggi ini akan dipercepat sampai kecepatan yang mencukupi untuk membebaskan elektron dari kulit terluar dari molekul udara melalui tumbukan yang menghasilkan ion positif, ion negatif, dan elektron bebas lainnya. Korona diawali dengan adanya ionisasi dalam udara, yaitu adanya kehilangan elektron dari molekul udara.

Plasma udara terjadi ketika terbentuk pencampuran kuasinetral dari elektron radikal, ion positif dan ion negatif, maka ion udara yang dihasilkan dari udara yang terkena lucutan plasma korona, ion udara tersebut terdiri dari ion kluster, yaitu ion positif H^+ dan ion negatif O^{2-} dan oksigen aktif. Partikel-partikel tersebut akan membunuh virus yang terdapat di udara dan yang menempel di benda. Ion udara yang mengandung ion positif H^+ dan ion negatif O^{2-} mengenai virus Covid-19 berpengaruh pada protein S berbentuk sepatu yang dikatakan sebagai *spike protein* yang tersebar di sekeliling permukaan. Protein S terletak disekelilingi permukaan virus berbentuk mahkota. Virus Covid-19 memiliki sifat tidak stabil di udara, dan hanya mampu hidup beberapa jam dalam udara, kecil kemungkinan penularan lewat udara. apabila terjadi adanya spray dari cairan yang mengandung virus Covid-19 yang melayang di udara. Protein S pada virus Covid-19 jika terkena udara bebas yang tidak mengandung ion-ion akan dikonversi menjadi *hidroxyl radical* (OH^{\cdot}) yaitu zat aktif yang sangat kuat yang bisa menginveksi manusia. Jika protein S pada virus covid-19 terkena ion udara maka mekanisme yang terjadi adalah ion udara akan mengambil H (hidrogen) dari dalam protein S, ion udara dan Hidrogen H dari dalam protein S akan beraksi dan bergabung secara kimiawi membentuk air H_2O , sehingga protein S pada virus Covid-19 menjadi rusak. Virus Corona nampak pada mikroskop elektron sebagai rusak. Virus Corona pada mikroskop electron menjadi zat yang terurai dimana protein S dan menyelimuti membran permukaan virus korona terlihat rusak dan tidak berbentuk molekul.

Pada tekanan atmosfer, penembusan gas pada celah bidang sejajar dengan electrode yang diisolasi, normalnya terjadi pada sejumlah besar saluran tipis yang dinyatakan dengan *streamers*. Pelepasan muatan diawali saat tegangan tinggi dikenakan diantara electrode sedemikian hingga medan listrik pada celah terbuka sama atau melampaui kekuatan tembus gas disekitarnya. Pelepasan muatan tersebut menunjukkan filament terang, plasma tipis teramati pada ruang gas berpenghalang dielektrik. Emisi elektron dari permukaan dielektrik distimulasi oleh emisi cahaya ultraviolet yang dipercepat dalam medan listrik untuk mengenerjise yang sama atau melampaui energi ionisasi gas dan menghasilkan longoran pada mana sejumlah elektron digandakan dengan setiap pembangkitan tumbukan terionisasi. Mobilitas elektron yang tinggi dibandingkan ion-ion memungkinkan elektron bergerak melintasi celah dengan durasi yang terukur dalam nanodetik. Elektron meninggalkan dibelakang ion-ion yang lebih lambat dan berbagai spesies tereksitasi dan spesies aktif dapat mengalami reaksi kimia lanjutan. Saat elektron mencapai electrode yang berlawanan, elektron-elektron tersebar meliputi permukaan pengisolasi saling berlawanan terhadap muatan positif pada anode sesaat. Faktor ini digabungkan dengan awan ion-ion yang lebih lambat yang tertinggal dibelakang mengurangi medan listrik didekat filament dan mengakhiri ionisasi selanjutnya sepanjang lintasan aslinya pada skala waktu puluhan nanodetik.

Plasma merupakan gas yang terionisasi kedalam mana energi yang cukup digunakan membebaskan electron-elektron bebas dari atom atau molekul. Seringkali dimungkinkan spesies dan ion serta elektron berada pada satu waktu. Plasma adalah gas yang diberikan energi ke suatu titik dimana beberapa elektron terbebas.dari intinya. Gas-gas dapat menjadi plasma dengan beberapa cara, tetapi kesemuanya meliputi pemompaan gas tersebut dengan energi. Busur dalam gas akan menghasilkan plasma. Plasma secara kelistrikan merupakan medium tidak ofensif dari partikel positif dan negatif yang tidak terikat. Partikel bermuatan yang bergerak menghasilkan arus listrik di dalam suatu medan magnet, dan setiap pergerakan partikel plasma yang bermuatan mempengaruhi dan dipengaruhi oleh medan yang dihasilkan oleh muatan lainnya. Selanjutnya akan memberikan perlakuan kolektif dengan banyak derajat variasi. Pada dasarnya plasma dibangkitkan dari suatu medan listrik atau magnet melalui gas. Sekalipun terdapat cukup untuk membangkitkan plasma dalam banyak kasus, terdapat sumber daya plasma untuk membangkitkan dan mempertahankannya. Plasma dapat menggunakan tegangan, maka ionisasi berkelanjutan dapat terjadi di tabung pelepasan muatan. Beda potensial dan medan listrik yang berurutan mendorong elektron terikat menuju anode, sementara katode mendorong intinya. Saat tegangan ditambah, arus memberikan stress ke material dengan meningkatkan polarisasi listrik. Saat polarisasi melampaui batas dielektrik, tembus listrik terjadi, dimana material berubah dari isolator menjadi konduktor. Proses fundamental dinamakan longoran (*avalanche*), dimana tumbukan diantara elektron dengan atom gas netral menghasilkan banyak ion dan elektron.

Plasma dingin terdiri dari plasma terioniasi sebagian, temperatur elektron sangat lebih tinggi daripada ion-ion dan netron. Perpindahan energi dan kinetika tumbukan diantara partikal ringan

elektron dan partikel berat ion muatan netral cenderung menjadi lambat oleh tumbukan elastis, tetapi tumbukan elektron-elektron segera mencapai kesetimbangan termodinamik. Olehkarenanya temperatur gas terionisasi menjaga temperature netral lingkungan sekitar. Hasilnya temperatur gas dari plasma tetap rendah, membuatnya sesuai untuk penggunaan biologis.

Plasma tekanan atmosferik dapat mensterilkan hampir semua macam bakteri disebabkan karena banyak ion dan spesies reaktif, semacam atom-atom oksigen dan ozon dibangkitkan, sehingga plasma atmosferik adalah proses yang sesuai untuk penggunaan pembersih udara dan pensterilan. Pengaruh *germicidal* yang disebabkan oleh sistem plasma terpulsakan dalam udara yang menggunakan reaktor tipe lucutan berpenghalang dielektrik (DBD) selanjutnya dievaluasi menggunakan bakteri *Escherichia coli*. Untuk analisis hubungan diantara hasil sterilisasi dan spesies kimia yang dihasilkan pada lucutan digunakan spektroskopi emisi optik dan menguji spectrum emisi dengan atom oksigen 394,2 nm dan 436,8 nm.

Sterilisasi adalah proses fisik dan kimia yang mengenai dan mengurangi mikroorganismenya, khususnya bakteri. Sudah lama dilaporkan plasma dapat membunuh atau menghambat pertumbuhan bakteri. Bagaimanapun, banyak cara sterilisasi kecuali plasma tekanan atmosferik membutuhkan waktu sterilisasi panjang (sekitar 30 menit) dan dioperasikan dalam ruang tertutup, sementara metode lainnya menjadi racun bagi tubuh manusia. Hal ini tidak mudah digunakan untuk pemurnian udara untuk pengaruh bakteri. Jadi, plasma atmosferik yang dapat digunakan untuk pemurnian ruang terbuka, memiliki waktu sterilisasi yang pendek (sekitar 1 menit), dan menghasilkan banyak spesies reaktif, yaitu ozon, *hydroxyl radical* dan atom oksigen, memiliki keuntungan besar untuk digunakan pada sistem sterilisasi.

Pada umumnya mikroorganismenya disterilisasi dengan proses fisik dan kimia dalam plasma atmosferik. Proses fisik dilaksanakan ion-on positif dan negatif dalam *streamer* lucutan, dan proses kimia dilaksanakan oleh ozon, oksigen atomik, *hydroxyl radical*, dan lain-lain. Sterilisasi plasma dapat diklasifikasikan menjadi 3 mekanisme : *hydroxyl radical* dapat menyentuh asam lemak tak jenuh dan menginduksi lipid, *oxygen radical* dapat mengoksidasi DNA dan oksidasi asam amino dapat terjadi diikuti dengan oksidasi protein.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Tahap awal untuk merancang bangun peralatan sterilisasi dan disinfeksi virus. Desain, pengukuran dan pengujian terhadap komponen-komponen elektronika yang digunakan seperti rangkaian regulator tegangan, rangkaian PWM, *flyback converter*, rangkaian kumparan Tesla dan rangkaian secara keseluruhan yaitu rangkaian transfer daya tanpa kabel untuk mengetahui yaitu tegangan, medan listrik yang dihasilkan telah sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Pengujian untuk menentukan karakteristik yang diinginkan menggunakan *software* elektronik Proteus 8.0 Profesional dan NI *Multisim Circuit Design*. Analisis hasil data-data yang diperoleh dari hasil pengujian yang dilakukan meliputi analisis frekuensi *switching* MOSFET, tegangan *transmitter* dan tegangan yang diterima oleh *receiver*, pengukuran medan listrik dan medan magnet yang dihasilkan peralatan dan jarak transfer energi listrik.

3.2 Perancangan Peralatan

3.2.1 Rangkaian *flyback converter*

Rangkaian *Flyback Converter* merupakan salah satu jenis rangkaian elektronika daya untuk frekuensi yang tinggi. Rangkaian ini berfungsi sebagai catu daya tegangan tinggi. Kelebihan dari *flyback converter* ini dibandingkan converter lain adalah adanya isolasi antara bagian masukan dan bagian keluarannya. Sekarang pengguna televisi tabung mulai beralih ke televisi layar datar, sehingga rangkaian *flyback converter* yang merupakan komponen trafo *flyback* televisi tabung yang sudah tidak terpakai dapat dimanfaatkan dapat digunakan kembali dan tidak menjadi limbah barang elektronik.

3.2.2 Regulator Tegangan

Rangkaian Regulator Tegangan terdiri dari beberapa komponen elektronika untuk menghasilkan tegangan keluaran DC yang stabil 12 Volt. Pada rangkaian regulator tegangan digunakan IC LM7812 . Tegangan keluaran dari regulator digunakan untuk catu daya rangkaian *Pulse Wave Modulation PWM*.

3.2.3 Rangkaian *Pulse Wave Modulation PWM*

Rangkaian PWM digunakan untuk pengendalian frekuensi pada pemicuan MOSFET dan proses *switching* MOSFET. Keluaran dari Rangkaian PWM NE555.berupa sinyal kotak.

4.5 Rangkaian Pembagi Tegangan

Tegangan output trafo *flyback* televisi tabung memiliki tegangan yang tinggi dengan satuan kV. Pengukuran dilakukan dengan memasang *probe input* alat ukur secara parallel pada trafo dan *probe output* secara parallel terhadap multimeter. Rangkaian pembagi tegangan digunakan sebagai alat bantu untuk mengukur tegangan tinggi pada rangkaian. Tujuan mengetahui nilai tegangan output trafo *flyback converter*. Pada perancangan digunakan resistor 10 Megaohm 3 watt diseri sebanyak 10 unit sehingga diperoleh 100 Megaohm selanjutnya diseri dengan resistor 1 Kohm 3 watt.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Regulator Tegangan

Pengujian regulator tegangan diperlukan untuk memastikan tegangan keluaran sesuai yang dibutuhkan yaitu sebesar 12 Volt sehingga bisa memastikan tegangan tidak melebihi maksimal tegangan rangkaian PWM NE555 yang akan merusak komponen IC NE555.



Gambar 1 Pengukuran Regulator Tegangan

Pengukuran dengan menggunakan Multimeter dihasilkan seperti Tabel berikut:

Tabel 1 Hasil Pengukuran Regulator Tegangan

Tegangan Akumulator (Volt)	Tegangan Output Regulator (Volt)
25	12,05
20	12,05
15	12,05
13,5	12,05

4.2 Pengujian Rangkaian Pulse Width Modulation NE555

Sinyal pemicuan MOSFET merupakan sinyal PWM dengan bentuk gelombang kotak yang dihasilkan oleh kaki IC urutan ketiga pada IC NE555 dan selanjutnya sinyal akan diteruskan ke *driver* MOSFET. Rangkaian sinyal PWM NE555 dapat dilihat pada Gambar 4.7



Gambar 2 Rangkaian Sinyal PWM NE555

Potensio pada rangkaian berfungsi sebagai pengatur nilai frekuensi pemicu sinyal MOSFET.

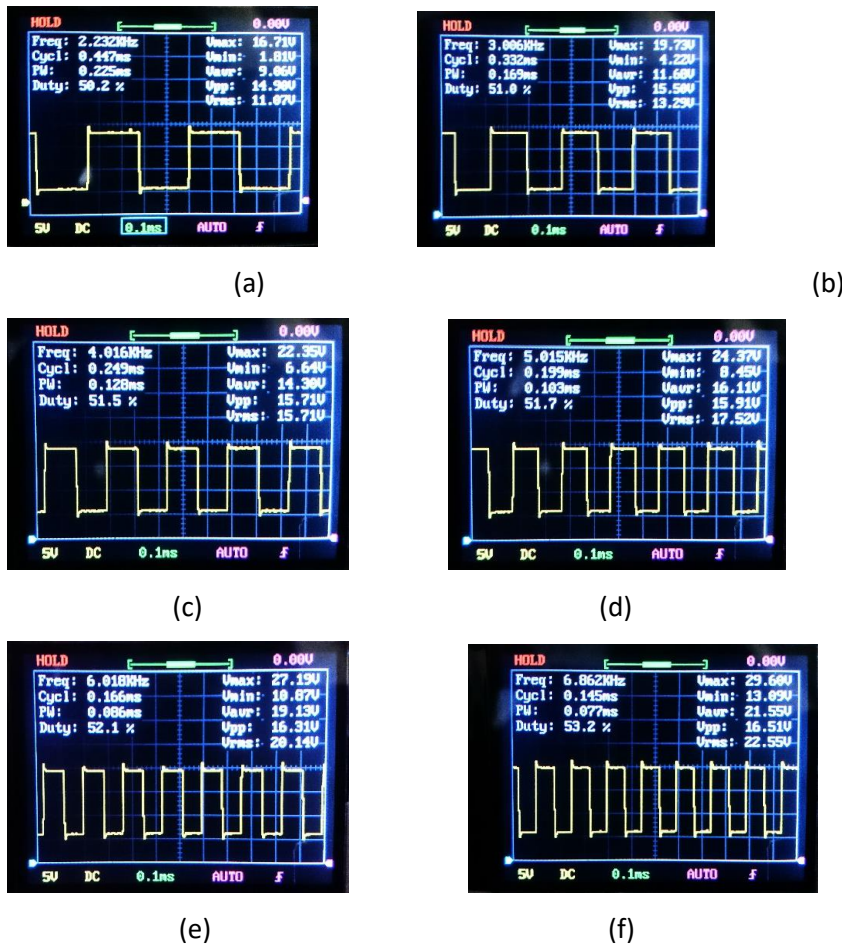
Pengujian dilakukan untuk memastikan rangkaian dapat menghasilkan sinyal dan bentuk sinyal keluaran sesuai dengan yang dibutuhkan. Untuk mengetahui bentuk sinyal dan frekuensi keluaran dari rangkaian sinyal PWM NE555 digunakan *oscilloscope*. Pengujian dilakukan pada frekuensi kerja 1,2 kHz, 3 kHz, 4 KHz, 5 KHz, 6 kHz dan 6,8 kHz.

Untuk memastikan bentuk sinyal pemicu keluaran rangkaian PWM NE555 dilakukan simulasi menggunakan NI *Multisim* dan pengukuran menggunakan *oscilloscope* pada kaki IC urutan tiga dihubungkan dengan *probe oscilloscope*. Bentuk keluaran sinyal keluaran sinyal rangkaian PWM NE555 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Sinyal PWM simulasi NI Multisim a. 2,2 kHz, b. 3 kHz, c. 4 kHz, d. 5 kHz, e. 6 kHz, e. 6,8 kHz.

Sinyal PWM tersebut memiliki nilai *high* dan *low*. Kondisi *high* saat nilai tegangan dan arus kondisi *on*, sedangkan kondisi *low* saat tegangan dan arus kondisi *off*. Hasil keluaran sinyal PWM dibandingkan dengan menggunakan *oscilloscope* seperti ditunjukkan pada Gambar 4



Gambar 4 Sinyal PWM NE555 Oscilloscope a. 2,2 KHz, b. 3 kHz, c. 4 kHz, d, 5 kHz, e. 6 kHz, f. 6,8 kHz.

Sinyal PWM dengan frekuensi 2,2 kHz memiliki *duty cycle* waktu *off* dan *on* yang lebih lama. Gelombang kotak yang memiliki frekuensi dan *duty cycle* tertentu bisa digunakan sebagai pemicu pensaklaran *switching* MOSFET seperti ditunjukkan dalam Tabel 4.

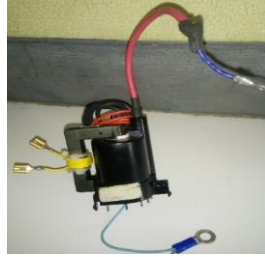
Tabel 4 Pengujian sinyal keluaran rangkaian PWM NE555.

Frekuensi (kHz)	Duty Cycle	Vrms (V)
2,2	50,2%	11,07
3,0	51,0%	13,29
4,0	51,5%	15,71
5,0	51,7%	17,52
6,0	52,1%	20,14
6,8	53,2%	22,22

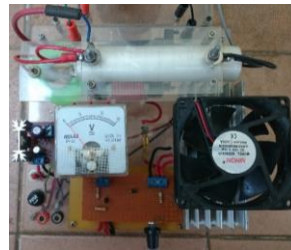
Pada Tabel 2 Bentuk sinyal PWM gelombang kotak memiliki nilai *high* dan *low* sat kondisi *on* dan *off*. Pada penelitian ini digunakan acuan frekuensi 2,2 kHz sampai 6,8 untuk mengetahui pengaruh frekuensi terhadap transfer daya listriknya.

4.3 Pengujian *Flyback Converter*

Fungsi dari *Flyback Converter* adalah sebagai catu daya. Pengujian ini melalui pengukuran tegangan dan arus pada trafo *flyback* Televisi, dan selanjutnya mengukur nilai tegangan dan arus output rangkaian *flyback converter*.



Gambar 5 Trafo *Flyback* Televisi



Gambar 6 Rangkaian *Flyback Converter*

Tegangan *output* pada trafo *flyback* televisi memiliki nilai tegangan yang tinggi orde kV. Karena keterbatasan alat uji, pengukuran tegangan tinggi ini dilakukan dengan menggunakan metode pembagi tegangan. Pengujian dilakukan dengan memasang *probe input* alat ukur parallel pada transformator dan *probe output* parallel terhadap multimeter. Pengujian pada rangkaian ini digunakan untuk mengetahui nilai tegangan *output* transformator *flyback*. Data hasil pengujian pengukuran rangkaian *flyback converter* diberikan pada Tabel 3.

Tabel 3 *Output* Trafo *Flyback*

Frekuensi (KHz)	Tegangan Input trafo (V)	Arus Input Trafo (A)	Daya Input Trafo (W)	Tegangan output Trafo (V)	Arus output Tafo (A)	Daya output Trafo (W)
2,2	35,76	5,811	207,80136	11500	0,01753	201,595
3	41,28	5,757	237,64896	13000	0,01711	222,243
4	46,83	5,470	256,1601	14100	0,01665	234,765
5	50,77	4,848	246,13296	15100	0,01619	244,469
6	54,41	4,311	234,56151	16100	0,01568	252,448
6,8	60,98	3,785	230,8093	16900	0,01554	262,626

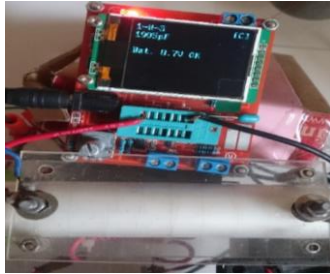
Nilai tegangan *output* trafo *flyback* diperoleh melalui perhitungan rangkaian pembagi tegangan setelah memperoleh nilai tegangan multimeter. Berikut hasil perhitungan trafo *flyback* yaitu 11,5 kV.

Pengujian dengan mengubah frekuensi pada rangkaian PWM untuk memperoleh sinyal gelombang kotak PWM, selanjutnya sinyal PWM ini berfungsi sebagai pemicu MOSFET. Pada rangkaian *flyback converter*, arus yang mengalir pada sisi primer trafo *flyback* terpisah secara magnetic melalui inti *ferrite* dan pada sisi sekunder trafo *flyback* akan menghasilkan tegangan tinggi.

Pada Tabel 3, saat frekuensi 2,2 kHz menghasilkan tegangan 11.500 V dan arus 0,01752 A, semakin frekuensi ditambah dihasilkan nilai tegangan semakin tinggi dan arus semakin besar.

4.4 Pengujian Kumparan Primer Kumparan Tesla

4.4.1 Pengukuran nilai kapasitor primer



Gambar 7 Pengukuran nilai kapasitor

Perhitungan nilai kapasitor ini menggunakan LCR meter dan dengan multimeter yang memiliki pengukuran kapasitor. Pengukuran kapasitor yang digunakan pada rangkaian kumparan Tesla adalah 1,905 nF.

4.4.2 Perhitungan Kumparan Primer

Perhitungan kumparan primer merupakan perhitungan nilai induktansi kumparan primer bahan tembaga berbentuk solenoida inti udara. Perhitungan nilai induktansi berbentuk solenoid ini menggunakan persamaan Wheeler dan menghasilkan nilai induktansi yaitu 5,140 mikroHenry.

4.4.3 Perhitungan frekuensi resonansi kumparan primer dan kapasitor primer

Hasil perhitungan frekuensi resonansi diperoleh dari rumus, dan menghasilkan frekuensi resonansi yaitu 1,608 MHz.

4.4.4 Perhitungan Kumparan Sekunder

Hasil perhitungan nilai induktansi kumparan sekunder menggunakan rumus yang digunakan, menghasilkan nilai induktansi sekunder yaitu $5,02 \times 10^{-4}$ H.

4.5 Pengujian Transfer Daya Listrik

Pengujian transfer daya listrik dapat ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Pengujian Transfer Daya Listrik

Hasil pengukuran transfer daya listrik dilakukan pada frekuensi 2,2 kHz dari jarak 10 m sampai 100 m diperoleh hasil seperti ditunjukkan pada Tabel 4 berikut.

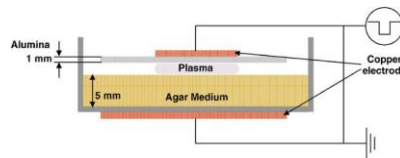
Tabel 4 Hasil Pengukuran Transfer Daya Listrik terhadap jarak *Transmitter* dan *Receiver* pada frekuensi 2,2 kHz

Jarak (cm)	Tegangan <i>Transmit</i> (kV)	Arus <i>Transmit</i> (mA)	Daya <i>Tranmit</i> (W)	Tegangan <i>Receive</i> (kV)	Arus <i>Receive</i> (mA)	Daya <i>Receive</i> (W)	Efisiensi (%)
10	10,6	0,52	5,512	9,31	0,298	2,774	50,333
20				5	0,154	0,770	13,969
30				3,1	0,073	0,226	4,105
40				1,2	0,046	0,055	1,001
50				0,7	0,023	0,016	0,292
60				0,587	0,018	0,010	0,191
70				0,527	0,015	0,007	0,143
80				0,519	0,012	0,006	0,112
90				0,482	0,009	0,004	0,078
100				0,427	0,007	0,002	0,054

Nilai tegangan, arus dan daya pada pengukuran *receiver* akan mengalami penurunan terhadap penambahan jarak.

4.5 Pengujian Efek Bakteri

Gambar 9 menunjukkan skematik peralatan eksperimen yang digunakan. Saat pulsa DC digunakan, maka *Dielectric Barrier Discharge* DBD dibangkitkan dalam daerah diantara dua electrode planar yang masing-masing ditutup dengan lapisan dielektrik alumina.



Gambar 9 Diagram Skematik Reaktor DBD Tekanan Atmosferik

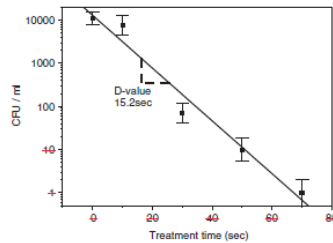
Dalam pulsa DC, lebih banyak electron dibangkitkan yang memiliki fungsi distribusi energi electron lebih tinggi daripada generator AC. Pulsa dibangkitkan oleh elemen penyambungan thyatron dengan rise time sekitar 3 mikro second dan frekuensi digunakan 1 kHz. Kedua electrode memiliki luas lucutan 50 mm x 20 mm dengan jarak celah 1 mm dan material alumina ketebalan 1 mm.

Efek bakteri pada perlakuan plasma DBD diketahui dengan metode perhitungan. Pertama, *Escherichia Coli* dimasukkan pada gram normal 0,9%. Suspensi spora bakteri diinkolasi kedalam tutup gelas bundar radius 6 mm dan ketebalan 0,13 mm. Setelah dikeringkan pada temperatur kamar selama 2 jam, tutup gelas dimasukkan ke dalam celah udara reactor dan ditempatkan plat alumina untuk perlakuan. Setelah perlakuan plasma, tutup gelas ditaruh dalam garam normal dan diaduk selama 10 menit mendispersi koloni echerichia coli. Setelah 1/10 dilusi, koloni dalam garam tersebar meliputi plat agar standard. Jumlah bakteri CFU dihitung setelah 1 hari inkubasi pada 37°C bakteri.

Untuk pengamatan menggunakan sebuah *scanning electron microscope* untuk morfologi sel *Escherichia colisebelun* dan setelah perlakuan plasma, pelapisan *poly-L-lysine* pada tutup gelas untuk megembangkan adhesi diantara sel dan gelas. Sampel *Echerichia coli* diperlakukan plasma selama 5

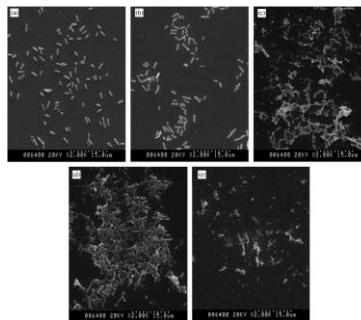
waktu berbeda 0, 10, 30, 50 dan 70 detik. Tutup gelas dilapis dengan lapisan sangat tipis emas dengan *ion sputter* dan morfologi diamati dengan SEM.

Gambar 10 menunjukkan variasi kerapatan koloni *Echerichia coli* terhadap waktu perlakuan selama lucutan pulsa negative 11 kV 1 kHz. Dapat ditunjukkan CFU menurun logaritmik, disimpulkan bahwa plasma dapat secara efektif mensteriliasi bakteri *Echerichia coli* dengan waktu lucutan yang mencukupi. Nilai D didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk mengurangi konsentrasi asli sel dengan 90% dan olehkarenanya nilai D yang pendek menunjukkan efesiensi sterilisasi yang baik.

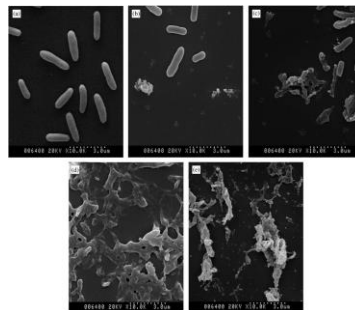


Gambar 10 Jumlah *Echerichia coli* CFU terhadap waktu perlakuan

Gambar 11 dan Gambar 12 menunjukkan citra *Scanning Electron Microscope* SEM dari *Echerichia coli* pada setiap kondisi operasi. Citra dalam Gambar diperbesar 2000 x dan citra pada Gambar diperbesar 10.000x. Citra ini menunjukkan hasil yang sama bahwa efek sterilisasi bertambah terhadap bertambahnya waktu perlakuan.



Gambar 11 Citra SEM *Echerichia coli* pada setiap durasi waktu untuk perlakuan dalam plasma tekanan atmosferik (perbesaran 2000 x) (a) 0 detik (b) 10 detik (c) 30 detik (d) 50 detik (e) 70 detik.



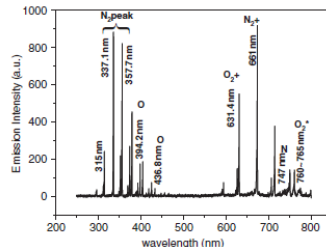
Gambar 12 Citra SEM *Echerichia coli* pada stiap durasi waktu untuk perlakuan plasma tekanan atmosferik (perbesaran 10.000 x) (a) 0 detik, (b) 10 detik (c) 30 detik (d) 50 detik dan (e) 70 detik.

Medium diletakkan datar pada piring Petri, *Echerichia coli* diinkolasi pada medium. Di bawah piring Petri, electrode tembaga yang ditanahkan disentuhkan. Plat alumina dengan electrode tembaga yang diberikan power ditempatkan di atas medium mempertahankan jarak celah 1 mm. Pada eksperimen ini tegangan dan frekuensi yang digunakan 18 kV dan 2 kHz, durasi waktu perlakuan plasma 1 menit.

Dalam upaya mengkonfirmasi sterilisasi kimia oleh spesies netral selama perlakuan plasma tekanan atmosferik. Dari citra ini dapat diamati efek kimia diantara sampel dengan dan tanpa kertas minyak. Pada kasus tanpa dengan kertas minyak, daerah tersterilisasi lebih lebar daripada daerah lucutan yang disebabkan oleh spesies netral reaktif. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kerusakan kimia karena ozon, *oxygen atomic*, dan sebagainya juga penting untuk sterilisasi plasma.

Dalam usaha untuk analisis hubungan diantara hasil sterilisasi dan spesies kimia yang dibangkitkan selama lucutan, diamati spectrum emisinya menggunakan *Optical Electro Spectrometer* OES. Untuk pengukuran spectrum, reaktor DBD langsung dipasang *spectroelectrofotometer* dengan detector CCD dan *spectrophotometer* dengan menggunakan pencelahan 1200 celah/mm. Bukaan celah masukan dan waktu integrasi detector CCD dipertahankan pada 500 mikrometer dan 10 detik.

Gambar 13 menunjukkan data OES untuk DBD terpulsakan. Intensitas emisi diplot dengan unit sembarang. Pada gambar 13, diamati spectrum emisi dari beberapa spectrum oksigen atomik tereksitasi 394,2 dan 436,8 nm dan sistem positif kedua (SPS) nitrogen termasuk spectrum ionic O_2^+ 631,4 nm dan spectrum nitrogen atomic.



Gambar 13 Data OES, diantara spectrum data ini, spectrum atom oksigen (394,2 dan 436,8 nm) dan sistem positif kedua nitrogen khususnya 337,1 efektif untuk sterilisasi

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan dari Rancang Bangun Peralatan Sterilisasi dan Disinfeksi Virus Menggunakan Plasmamikro Tegangan 2 kV, didapat beberapa kesimpulan berikut,

1. Desain peralatan sterilisasi dan disinfeksi bakteri dan virus memenuhi kriteria yang diharapkan, yaitu tegangan maksimum yang diperoleh diantara 9,31 sampai 10,6 V, frekuensi 2,2 kHz sampai 6,8 kHz, dan daya yang dihasilkan antara 5,512 Watt sampai 31,24 Watt, spesifikasi tersebut sesuai eksperimen yang dilaksanakan mampu digunakan untuk membunuh koloni bakteri sampai 99,99% melalui pemaparan lucutan plasma dingin pada reaktor plasma berpenghalang dielektrik DBD dengan tegangan negative dan positif secara bergantian, dengan lebar celah udara 1 mm menggunakan dielektrik alumina.
2. Proses sterilisasi dan disinfeksi merupakan proses fisis dengan ion-ion positif dan ion negative, serta secara kimia dengan ozon dan specimen reaktif Lainnya.

REFERENSI

- [1] Kitler ME, Gavinio P, Lavanchy D, *Influenza and the work of the World Health Organization*, Vaccine 20: S5-S14, 2002
- [2] Cowled B, Ward MP, Hamilton S, Garner G, *The equine influenza epidemic in Australia. Spatial and temporal descriptive analysis of a large propagating epidemic*. Prev Vet Med 92: 60-70, 2009.
- [3] Spira AM, *Preparing the traveler*, Lancet 361: 1368-1381, 2003
- [4] Pontoriero AV, Baumester EG, Campos AM, Savy VL, Lin YP, et. Al, *Antigenic and genomic relation between human influenza viruse that circulated in Argentina in the period 1995/1999 and the corresponding vaccine component*. J Clin Virol 28: 130-140, 2003
- [5] Larousi M, Sayler GS, Glascock BB, McCurdy B, Pearce ME, et.al, *Image of Biological Samples Undergoing Sterilization by a Glow Discharge at Atmospheric Pressure*. IEEE Transactions on plasma science 27: 34-35, 2004.
- [6] Singh MK, Ogino A, Nagatsu M., *Inactivation factors of spore-forming bacteria using low-pressure microwave plasmas in aN2 and O2 gas mixture*. New J Phys 11: 115027, 2009
- [7] Shintani H, Sakudo A, Burke P, McDonneli G., *Gas plasma sterilization of microorganism and mechanism of action (Review)*. Exp Therapeutic Med 1: 731-738, 2009
- [8] Shimizu K, Sugiyama T, Manisha Nishamani LS., *Application of microplasma for ozone generation and environtmental protection*. Int J Plasma Environmental Science and Technology 2: 38-43, 2008
- [9] Shimizu K, Yamada M, Kanamori M, Blajan, *Basic Study of Bacteria Inactivation at Low Discharge Voltage by Using Microplasma*. IEEE Trans on IAS 46: 641-649, 2010
- [10] Shimizu K, Kanamori M, Blajan M, *Appliction of Atmospheric Microplasma for Indoor Indoor Air Treatment*. Int J Plasma Environmental Science and Technology 4: 45-51, 2010.
- [11] Shimizu K, Blajan M, Kuwabara T, *Removal of Indoor Air Contaminant by Atmospheric Microplasma*. IEEE Trans on IAS Digital Object Identifier:10.1109/TIA.2011.2168509, 2011.
- [12] Shimizu K, Umeda A, Blajan M., *Surface Treatment of Polymer Film by Atmospheric Pulsed Microplasma: Study on Gas Humidity Effect for Improving the Hydrophilic Property*. Jpn J Appl Phys 60: 08KA3, 2011.
- [13] Blajan M, Umeda A, Muramatsu S, Shimizu K., *Emission Spectroscopy of Pulsed Powered Microplasma for Surface Treatment of PEN Film*. IEEE Trans on IAS 47: 1100-1108, 2011.
- [14] Barsoum, G.I, Stanley, *Design of High Voltage Devices Low Power Supply*, Univ. Electron Eng., vol. 3 pp. 6-12, 2015
- [15] Deenicolai T.M., *Tesla Transformer for Experimentation and Research*, Tesla Transformer, vol 1-3, May, pp 16-17, 2012