

**IMPLEMENTASI PLASMA DINGIN SEBAGAI MEDIA STERILISASI  
MENGUNAKAN METODE DIELECTRIC BARRIER DISCHARGE**

**SKRIPSI**

**KONSENTRASI ELEKTRONIKA**

**Ditujukan Untuk Memenuhi Persyaratan**

**Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**



**MUHAMAD IBNU FAJAR**

**NIM. 175060307111035**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2021**



Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya



**LEMBAR PENGESAHAN**

**IMPLEMENTASI PLASMA DINGIN SEBAGAI MEDIA STERILISASI  
MENGUNAKAN METODE *DIELECTRIC BARRIER DISCHARGE***

**SKRIPSI**

**TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA**

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**MUHAMAD IBNU FAJAR**

**NIM. 175060307111035**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing

Pada tanggal 13 Juli 2021

Dosen Pembimbing I

Eka Maulana, S.T., M.T., M.Eng.  
NIP. 201201 841130 1 001

Dosen Pembimbing II

Rahmadwati, S.T., MT., Ph.D.  
NIP. 19771102 200604 2 003

Mengetahui,

Pt. Ketua Jurusan Teknik Elektro



Muhammad Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP. 19741203 200012 1 001



JUDUL SKRIPSI:

IMPLEMENTASI PLASMA DINGIN SEBAGAI MEDIA STERILISASI  
MENGUNAKAN METODE *DIELECTRIC BARRIER DISCHARGE*

Nama Mahasiswa : MUHAMAD IBNU FAJAR  
NIM : 175060307111035  
Program Studi : TEKNIK ELEKTRO  
Konsentrasi : TEKNIK ELEKTRONIKA

Dosen Pembimbing 1 : Eka Maulana, S.T., M.T., M.Eng

Dosen Pembimbing 2 : Rahmadwati, S.T., MT., Ph.D.

Tim Dosen Penguji :

Dosen Penguji 1 : Dr. Eng. Panca Mudjirahardjo, S.T., M.T.  disetujui tanggal 13 Juli 2021

Dosen Penguji 2 : Zainul Abidin, S.T., M.T., M.Eng., Ph.D.  disetujui tanggal 13 Juli 2021

Tanggal Ujian : 08 Juli 2021

SK Penguji : No. 1163 Tahun 2021

Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya





## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan, dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam Naska Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 13 Juli 2021

**Mahasiswa,**



**MUHAMAD IBNU FAJAR**

**NIM. 175060307111035**





## RINGKASAN

**Muhamad Ibnu Fajar**, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2021, Implementasi Plasma Dingin Sebagai Media Sterilisasi Menggunakan Metode *Dielectric Barrier Discharge*, Dosen Pembimbing: Eka Maulana dan Rahmadwati.

Plasma ialah wujud zat keempat yang merupakan gas terionisasi. Berdasarkan temperturnya, plasma dapat dikategorikan menjadi plasma bertemperatur tinggi (*thermal/equilibrium plasma*) dan plasma bertemperatur rendah (*cold plasma/non-equilibrium*). Plasma dingin adalah plasma yang memiliki suhu ruang dan terjadi dalam keadaan ketidaksetimbangan termal (*non-thermal equilibrium*) antara temperatur elektron dan gas. Plasma dapat terbentuk secara alami seperti matahari dan dapat dibuat melalui pemberian energi pada gas sehingga terjadi ionisasi.

Metode pembangkit plasma dingin melalui *dielectric barrier discharge* bertujuan untuk arus listrik yang dialirkan melalui elektroda agar tidak sampai terjadi *arc* atau bunga api yang bisa membuat short suatu rangkaian elektronik. Penggunaan lapisan *dielectric* bertujuan untuk menghindari kondisi tersebut sehingga arus listrik bisa berubah menjadi plasma dalam kondisi *corona discharge*. Peristiwa loncatan listrik pada fluida seperti udara, namun dalam kondisi belum mencukupi untuk terjadi *arc* atau *electrical breakdown* disebut *corona discharge*.

Plasma memiliki sifat reaktif sehingga dapat dimanfaatkan untuk inaktivasi mikroorganisme. Proses tersebut dapat diimplementasikan dengan cara pembuatan rangkaian elektronik yang mampu membangkitkan tegangan tinggi melalui *flyback transformer*. Keluaran rangkaian dihubungkan dengan elektroda berlapis *dielectric* agar terbentuk plasma dingin. Plasma dingin dipaparkan pada objek yang akan disterilisasi selama 5 detik hingga 60 detik. Pengujian efektivitas sterilisasi plasma dingin melalui uji lab mikrobiologi untuk mengetahui mikroorganisme dapat tumbuh atau inaktivasi. Proses inaktivasi mikroorganisme terjadi karena plasma bersifat reaktif terhadap dinding sel mikroorganisme.

**Kata Kunci:** Dielectric Barrier Discharge, Mikroorganisme, Flyback Transformer, Plasma Dingin, Sterilisasi



## SUMMARY

**Muhamad Ibnu Fajar**, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, July 2021, Implementation of Cold Plasma as a Sterilization Media Using the Dielectric Barrier Discharge Method, Advisors: Eka Maulana and Rahmadwati.

Plasma is the fourth state of matter which is an ionized gas. Based on the temperature, plasma can be categorized into high temperature plasma (thermal/equilibrium plasma) and low temperature plasma (cold plasma/non-equilibrium). Cold plasma is plasma that has room temperature and occurs in a state of thermal equilibrium (non-thermal equilibrium) between the electron and gas temperatures. Plasma can form naturally like the sun and can be made by energizing the gas so that ionization occurs.

The method of generating cold plasma through a dielectric barrier discharge aims for an electric current to flow through the electrodes so that there is no arc or spark that can short an electronic circuit. The use of a dielectric layer aims to avoid this condition so that the electric current can turn into plasma in a corona discharge condition. The event of an electric jump in a fluid such as air, but in insufficient conditions for an arc or electrical breakdown to occur is called a corona discharge.

Plasma has reactive properties so that it can be used for inactivation of microorganisms. This process can be implemented by making electronic circuits capable of generating high voltages through flyback transformers. The output of the circuit is connected to a dielectric-coated electrode to form a cold plasma. Cold plasma is exposed to the object to be sterilized for 5 seconds to 60 seconds. Testing the effectiveness of cold plasma sterilization through microbiology lab tests to determine whether microorganisms can grow or inactivate. The process of inactivation of microorganisms occurs because plasma is reactive to the cell walls of microorganisms.

**Keywords:** Dielectric Barrier Discharge, Microorganisms, Flyback Transformer, Cold Plasma, Sterilization.



## PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim. Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas segala petunjuk dan nikmat-Nya skripsi ini dapat diselesaikan. Sholawat serta salam tidak lupa penulis haturkan kepada junjungan Rasulullah Muhammad SAW, semoga kelak mendapatkan syafaat-Nya di yaumul qiyamah.

Skripsi berjudul “Implementasi Plasma Dingin Sebagai Media Sterilisasi Menggunakan Metode *Dielectric Barrier Discharge*” ini disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Keluarga tercinta, atas segala motivasi, semangat, dan dukungan materiil yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan sebaik mungkin.
2. Yang terhormat Bapak Muhammad Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D. selaku Pelaksana Tugas Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
3. Yang Terhormat Ibu Ir. Nurussa'adah, M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
4. Ibu Rahmadwati, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Sarjana Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
5. Yang Terhormat Bapak Eka Maulana, S.T., M.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing I atas segala bimbingan, masukan, kritik, saran dan bantuan materiil yang telah diberikan selama proses pengerjaan skripsi.
6. Yang Terhormat Ibu Rahmadwati, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II atas segala bimbingan, masukan, kritik dan saran yang telah diberikan selama proses pengerjaan skripsi.
7. Bapak Ir. Mahfudz Siddiq, M.T. selaku Dosen Penasehat Akademik atas segala pengarahan, saran, dan kritik yang telah diberikan selama perkuliahan disini.
8. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
9. Seluruh *staff recording* Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

10. Bapak Mulyadi, S.T. selaku Laboran Laboratorium Elektronika atas bantuan, fasilitas dan keramahannya selama penulis menjadi asisten laboratorium dan dalam proses pengerjaan skripsi.

11. Rekan-rekan asisten Laboratorium Elektronika Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

12. Rekan-rekan *workshop UB Tech* atas bantuan fasilitas dan keramahan selama penulis dalam proses pengerjaan skripsi.

13. Keluarga besar mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

14. Teman-teman konsentrasi Teknik Elektronika Universitas Brawijaya.

15. Keluarga Besar Divisi *Internet of Thing* Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

16. Keluarga Besar IEEE Universitas Brawijaya *Student Branch*.

17. Seluruh teman-teman serta semua pihak yang tidak mungkin bagi penulis untuk mencantumkan satu-persatu, terimakasih banyak atas bantuan dan dukungannya.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan karena kendala dan keterbatasan dalam pengerjaan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis berharap saran dan kritik yang membangun untuk penyempurnaan tulisan di masa yang akan datang. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk pengembangan lebih lanjut.

Malang, 08 Juli 2021

Penulis

**DAFTAR ISI**

**PENGANTAR**..... i

**DAFTAR ISI**..... iii

**DAFTAR GAMBAR** ..... v

**DAFTAR TABEL** ..... vii

**BAB I PENDAHULUAN** ..... 1

    1.1. Latar Belakang ..... 1

    1.2. Rumusan Masalah ..... 2

    1.3. Batasan Masalah ..... 2

    1.4. Tujuan ..... 2

    1.5. Manfaat ..... 3

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA**..... 5

    2.1. Plasma Dingin ..... 5

    2.2. Dielectric Barrier Discharge ..... 6

**BAB III METODE PENELITIAN** ..... 7

    3.1. Desain Spesifikasi Sistem ..... 7

        3.1.1. Penentuan Spesifikasi Alat ..... 7

        3.1.2. Diagram Blok Sistem ..... 7

    3.2. Perancangan dan Pembuatan Alat ..... 7

        3.2.1. Desain Skema Rangkaian ..... 8

        3.2.2. Simulasi Rangkaian ..... 12

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN** ..... 15

    4.1. Rangkaian *Driver Flyback Transformer* ..... 15

        4.1.1. Tujuan ..... 15

        4.1.2. Alat yang digunakan ..... 15

        4.1.3. Prosedur Pengujian ..... 16

        4.1.4. Hasil Pengujian dan Analisis ..... 16



4.2. Elektroda Media Sterilisasi.....	20
4.2.1. Tujuan.....	20
4.2.2. Alat yang Digunakan.....	20
4.2.3. Prosedur Pengujian.....	20
4.2.4. Hasil Pengujian dan Analisis.....	21
4.3. Pengujian Sterilisasi Plasma Dingin Terhadap Mikroorganisme.....	24
4.3.1. Tujuan.....	24
4.3.2. Alat yang Digunakan.....	24
4.3.3. Prosedur Pengujian.....	24
4.3.4. Hasil Pengujian dan Analisis.....	25
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>29</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>31</b>



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram blok desain sistem..... 7

Gambar 3.2 Skema rangkaian *driver flyback transformer*..... 8

Gambar 3.3 Susunan elektroda..... 12

Gambar 3.4 Simulasi rangkaian *driver flyback transformer*..... 12

Gambar 4.1 *Test point* rangkaian *driver flyback transformer*..... 15

Gambar 4.2 Sinyal osiloskop pengukuran dengan masukan 12-V DC (a) gate (b) drain (c) lilitan sekunder..... 18

Gambar 4.3 Sinyal osiloskop pengukuran dengan masukan 15-V DC (a) gate (b) drain (c) lilitan sekunder..... 20

Gambar 4.4 Plasma pada elektroda dengan tegangan catu daya DC (a) 12 V (b)15.2 V (c) 18.2 V..... 23

Gambar 4.5 Observasi perkembangan bakteri (a) sebelum sterilisasi inkubasi 24 jam (b) sebelum sterilisasi inkubasi 48 jam ..... 25

Gambar 4.6 Observasi perkembangan bakteri (a) 5 detik sterilisasi inkubasi 24 jam (b) 5 detik sterilisasi inkubasi 48 jam..... 25

Gambar 4.7 Observasi perkembangan bakteri (a) 10 detik sterilisasi inkubasi 24 jam (b) 10 detik sterilisasi inkubasi 48 jam..... 26

Gambar 4.8 Observasi perkembangan bakteri (a) 20 detik sterilisasi inkubasi 24 jam (b) 20 detik sterilisasi inkubasi 48 jam..... 26

Gambar 4.9 Observasi perkembangan bakteri (a) 60 detik sterilisasi inkubasi 24 jam (b) 60 detik sterilisasi inkubasi 48 jam..... 27



**DAFTAR TABEL**

Tabel 4. 1 Hasil pengukuran rangkaian..... 16





## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Menjaga kebersihan merupakan hal penting agar terhindar dari infeksi dan juga merupakan upaya menjaga kesehatan. Penyebaran infeksi dapat terjadi melalui transmisi mikroorganisme dari tangan yang tidak steril dan bersih (Ardana, 2016). Proses infeksi diakibatkan karena adanya interaksi antara penjamu, lingkungan dan agen penyebab mikroorganisme seperti bakteri, virus, jamur dan parasit.

Bakteri patogen yang paling umum adalah *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter spp.*, dan *Klebsiella pneumonia* (Prabhu, Sangeetha, & Joseph, 2006). *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri penyebab infeksi yang paling sering ditemukan (Breket, et al., 2012).

Upaya pencegahan dan pengendalian infeksi salah satunya dengan mencuci tangan (*hand hygiene*). Cuci tangan merupakan salah satu cara mencegah dan mengurangi transmisi penyakit (DepKes RI, 2007). Kebiasaan masyarakat Indonesia dalam melakukan proses *hand hygiene* dengan menggunakan sabun masih sangat rendah dan tercatat rata-rata hanya 12% masyarakat yang melakukan cuci tangan dengan menggunakan sabun (KemenKes RI, 2010).

Proses *hand hygiene* dapat dilakukan dengan dua cara yaitu *hand washing* dan *handrub*. Mencuci tangan menggunakan sabun antibakteri lebih efektif dibandingkan dengan hanya menggunakan air mengalir (Burton, et al., 2011). Mencuci tangan sebaiknya selama 20-30 detik (WHO, 2020).

Cara transmisi virus yang lain adalah melalui kontak tangan, ataupun lingkungan yang terkena virus seperti gagang pintu, meja dan kursi. Sanitasi yang dapat dilakukan salah satunya adalah mencuci tangan serta muka dengan teratur (Jin, et al., 2020).

Menjaga kebersihan diri dan lingkungan dapat dilakukan dengan cara menggunakan antiseptik dan disinfektan. Antiseptik merupakan zat yang dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme. Antiseptik biasanya mengandung alkohol, *chlorhexidine*, dan *anilides*. Disinfektan merupakan zat yang dapat membunuh patogen di lingkungan. (Lachapelle, Antiseptics and Disinfectants, 2020).

Disinfektan biasanya mengandung *glutaraldehid* dan *formaldehid* (Osterlund, Kahlmeter, Haeggman, & Olsson-Liljequist, 2006). Dampak bila tidak digunakannya disinfektan sesuai dengan peruntukannya dapat yang paling umum adalah menimbulkan iritasi (Lachapelle, A Comparison of The Irritant and Allergenic Properties of Antiseptics, 2014). Iritasi yang dapat muncul adalah iritasi kulit, jalur pernapasan, mata, dan dapat menimbulkan keracunan. Namun berdasarkan jenis-jenis antiseptik dan disinfektan tersebut tentunya memiliki bahayanya masing-masing jenisnya (Lachenmeier, 2016).

Dampak penggunaan berlebih dari antiseptik dan disinfektan pada kulit manusia menyebabkan adanya penelitian mengenai metode baru untuk membunuh mikroorganisme, salah satunya menggunakan metode plasma dingin untuk sterilisasi. Plasma dingin merupakan gas terionisasi yang termasuk dalam klasifikasi plasma non-thermal (Schutze, et al., 1998). Teknik plasma dingin telah menarik para peneliti dan baru-baru ini dipelajari untuk potensi inaktivasi mikroorganisme (Misra, Tiwari, Raghavarao, & Cullen, 2011).

Plasma non-thermal dapat diproduksi dengan *dischargers* di hampir semua gas atau campuran gas yang diinginkan menghasilkan ikatan kimia dari atom, ion dan molekul untuk aplikasi biomedis. Perkembangan teknologi plasma yang paling umum dengan relevansi dengan perawatan kesehatan adalah *Dielectric Barrier Discharge* (DBD) dan *Atmospheric Pressure Plasma Jet* (APPJ) (Lu, et al., 2016).

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, adapun beberapa masalah yang ditemukan, berikut diantaranya:

1. Bagaimana cara mendesain rangkaian pembangkit plasma dingin.
2. Bagaimana cara mendesain rangkaian elektroda pembangkit plasma dingin.
3. Bagaimana cara sterilisasi menggunakan plasma dingin.

## 1.3. Batasan Masalah

Batasan pada penelitian ini ialah metode pembangkit plasma dingin menggunakan *dielectric barrier discharge* (DBD) agar penelitian tertuju pada permasalahan yang akan dibahas.

## 1.4. Tujuan

Tujuan dari pelaksanaan penelitian ini yaitu:

1. Mampu mendesain rangkaian pembangkit plasma dingin.

2. Mampu mendesain rangkaian elektroda pembangkit plasma dingin.
3. Memahami cara sterilisasi menggunakan plasma dingin.

#### 1.5. Manfaat

Penelitian ini turut berkontribusi dalam pengembangan teknologi di bidang kesehatan yaitu sebagai alat yang mampu mensterilkan mikroorganisme pada benda dan ruangan yang sering digunakan.







## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Plasma Dingin

Plasma didefinisikan sebagai gas yang terionisasi dalam lucutan listrik, jadi plasma dapat juga didefinisikan sebagai campuran kuasi netral 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. Maka secara sederhana plasma didefinisikan sebagai gas terionisasi dan dikenal sebagai fase materi keempat setelah fase padat, cair, dan fase gas.

Plasma merupakan daerah reaksi tumbukan elektron yang sangat signifikan untuk terjadi. Plasma dapat terjadi ketika temperatur atau energi suatu gas dinaikkan sehingga memungkinkan atom-atom gas terionisasi akan membuat gas tersebut melepaskan elektron-elektronnya yang pada keadaan normal mengelilingi inti (Chen, 2002).

Plasma dapat disebut sebagai elemen fasa keempat di alam setelah fasa padatan, cairan dan fasa gas. Berbeda dengan fasa gas yang bersifat normal, plasma berisi gas dimana komponen nukleus atom (ion) dan elektron telah terpisah karena energi yang diterima dan memiliki sifat reaktif. Plasma dapat terbentuk secara alamiah seperti yang terjadi pada matahari atau pada elemen bintang-bintang di angkasa. Plasma juga dapat terbentuk dengan cara memberikan energi tinggi ke dalam medium gas yang membuat gas tersebut mengalami proses disosiasi dan proses ionisasi. Tergantung dari jumlah energi yang ditransfer, kedua proses tersebut akan mengakibatkan transformasi gas netral menjadi partikel-partikel atau ion-ion yang bermuatan negatif dan positif yang sangat reaktif, baik secara sebagian ataupun bertransformasi secara menyeluruh. Berdasarkan temperturnya, plasma dapat dikategorikan menjadi plasma bertemperatur tinggi (*thermal/equilibrium plasma*) dan plasma bertemperatur rendah (*cold plasma/non-equilibrium*).

Plasma dingin adalah plasma yang terjadi dalam keadaan ketidaksetimbangan termal (*non-thermal equilibrium*) antara temperatur elektron dan gas. Temperatur elektron tinggi tetapi temperatur partikel gas relatif rendah karena tumbukan elektron dan partikel gas sangat kecil. Pada plasma dingin ion dan atom-atom atau molekul-molekul netral tetap dalam suhu sekitar 1.000 K, elektron-elektron dalam plasma jenis ini mempunyai

temperatur cukup tinggi sekitar 50.000 K. Plasma dingin sering digunakan dalam bidang mikroelektronik, pembentukan materi baru dan pembersihan polutan.

## 2.2. Dielectric Barrier Discharge

Plasma non-termal dapat diproduksi dengan *dischargers* disemua gas atau campuran gas yang diinginkan menghasilkan ikatan kimia dari atom, ion dan molekul untuk aplikasi biomedis. Perkembangan teknologi yang paling umum dengan relevansi dengan perawatan kesehatan adalah *Dielectric Barrier Discharge (DBD)* dan *Atmospheric Pressure Plasma Jet (APPJ)* (Lu, et al., 2016).

Plasma Jet merupakan hasil aliran gas yang terionisasi dari kolom lucutan plasma. Plasma jet berbentuk seperti jilatan api (*flare*). Plasma Jet dingin pada tekanan atmosfer dapat diaplikasikan untuk pemrosesan material dan aplikasi biomedis seperti penyembuhan luka, disinfektan, dan dekontaminasi (Zhang, Sobota, Van-Veldhuizen, & Bruggeman, 2015). Pada tekanan atmosfer plasma jet memiliki berbagai cakupan dimensi, mulai dari skala yang sesuai untuk pengobatan dan akurat, sampai skala besar yang sesuai untuk pengobatan sampel skala besar. Sehingga banyak perbedaan konfigurasi dan aplikasi dari plasma *non-thermal* (Kunhardt, 2000). Dalam penggunaan plasma jet gas mulia juga ditambahkan dalam plasma. Gas mulia ditambahkan agar proses ionisasi, eksitasi, dan disosiasi dalam plasma berlangsung dengan optimal. Oleh karena itu perlu adanya penelitian untuk mengetahui karakteristik dari plasma jet dengan menggunakan kolom lucutan berpenghalang dielektrik dengan penambahan gas mulia Argon.

*Dielectric Barrier Discharge (DBD)* merupakan peluahan (ionisasi yang terjadi dalam volume isolasi) kecil listrik antara dua elektroda terpisah dengan isolator dielektrik. DBD dapat dibuat dalam beberapa konfigurasi diantaranya tipe planar dengan plat terpisah dengan sebuah dielektrik silinder, dan planar dengan plat koaksial dengan dielektrik tabung diantara keduanya. Elektroda positif merupakan elektroda jarum dan elektroda berupa logam berbentuk silinder tabung dan *dielectric* berupa tabung berbahan kaca pyrex yang berfungsi sebagai penghalang *discharge*.

Kondisi jarak elektroda pada DBD sangat berpengaruh terhadap kualitas proses pengolahan limbah cair. Di sini plasma dekat ke permukaan cairan sehingga spesies aktif yang dihasilkan bisa berinteraksi dengan cairan. Interaksi plasma dengan cairan yang menghasilkan peluahan dengan cairan itu sendiri, metoda ini sangat cepat (Bruggeman & Leys, 2009).

## BAB III

### METODE PENELITIAN

Untuk menyelesaikan rumusan masalah dan mencapai tujuan penelitian yang terdapat pada bab sebelumnya, maka diperlukan langkah-langkah guna untuk penyelesaian.

#### 3.1. Desain Spesifikasi Sistem

##### 3.1.1. Penentuan Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat pada perancangan ini ditentukan terlebih dahulu agar didapatkan hasil yang sesuai dan alat bekerja dengan efektif. Adapun spesifikasi alat terdiri dari:

1. Catu daya dengan masukan 220 V AC dan keluaran 24 V DC 5A
2. *Driver flyback transformer* dengan keluaran 15 kV 50 kHz.

##### 3.1.2. Diagram Blok Sistem

Pembuatan diagram blok merupakan dasar dari perancangan sistem agar perancangan dan realisasi alat dapat berjalan secara sistematis. Secara keseluruhan diagram blok sistem ditunjukkan dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram blok desain sistem.

Penjelasan masing-masing bagian pada blok diagram sebagai berikut:

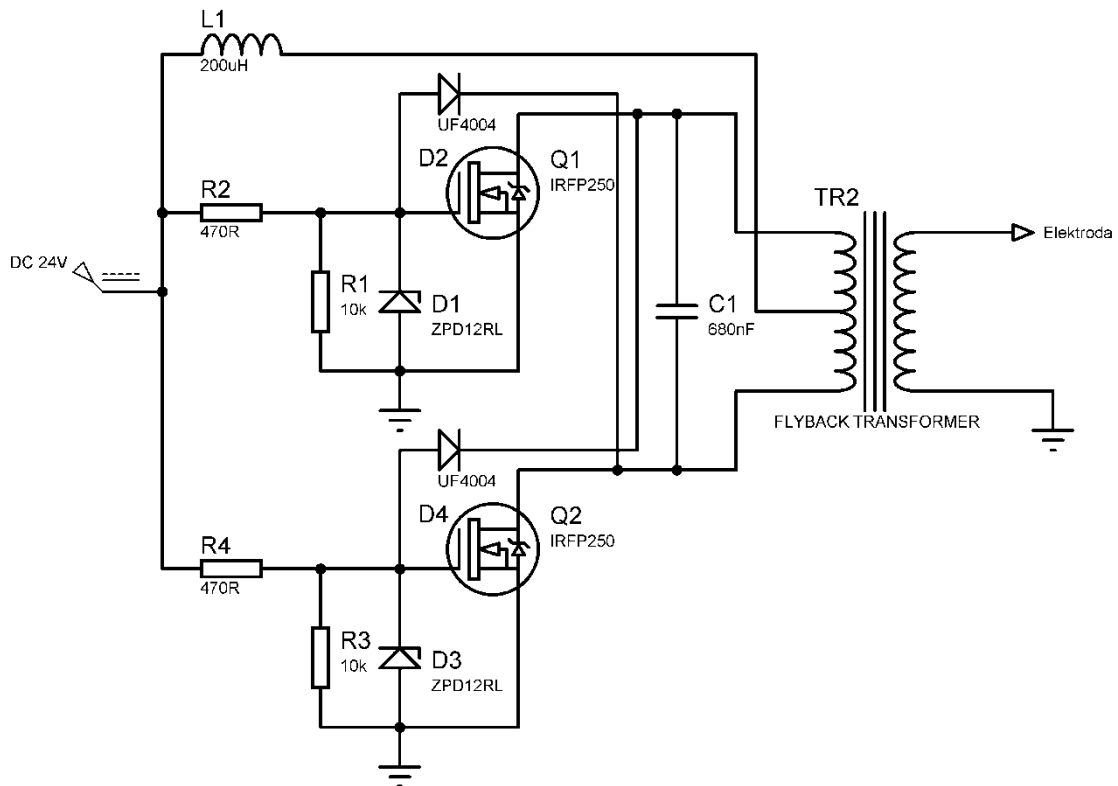
1. Catu daya digunakan sebagai sumber daya listrik, menurunkan dan menyearahkan tegangan agar sesuai dengan kebutuhan rangkaian *driver flyback transformer*.
2. *Driver flyback transformer* digunakan sebagai rangkaian yang mampu mengubah sinyal masukan DC menjadi sinyal DC berfrekuensi untuk mengaktifkan *flyback transformer*.
3. Elektroda digunakan sebagai media pembangkit plasma sekaligus penghubung antara rangkaian elektronik dengan objek yang akan disterilkan.

#### 3.2. Perancangan dan Pembuatan Alat

Proses perancangan dan pembuatan alat pada penelitian ini melalui tahap desain skema rangkaian, simulasi rangkaian, implementasi, dan evaluasi.

### 3.2.1. Desain Skema Rangkaian

Skema rangkaian *driver flyback transformer* menggunakan komponen MOSFET sebagai komponen utama agar sinyal keluaran catu daya yang masuk ke rangkaian *driver* bisa dinaikkan tegangannya oleh *flyback transformer*. Skema rangkaian dapat dilihat dalam Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Skema rangkaian *driver flyback transformer*.

Frekuensi pada rangkaian *driver flyback transformer* dapat dihitung melalui persamaan frekuensi resonansi pada C1 dengan lilitan primer pada *flyback transformer*.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (3-1)$$

Frekuensi resonansi terjadi pada

$$\phi = 0 \text{ dan } X_L = X_C$$

$$\tan^{-1} \left| \frac{X_L - X_C}{R} \right| = 0$$

$$\frac{X_L - X_C}{R} = 0$$

$$X_L - X_C = 0$$

$$X_L = X_C$$

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$\omega_c = \frac{1}{\omega C}$$

$$\omega^2 = \frac{1}{LC}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$2\pi f = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$C = \frac{1}{(4\pi^2 f^2 L)}$$

$$C = \frac{1}{(4\pi^2 50.000 \text{ Hz}^2 27 \text{ uH})}$$

$$C = 375.263643 \text{ nF}$$

Nilai induktansi diperoleh dari lilitan primer *transformer* sehingga sulit untuk mengubah nilai frekuensi melalui induktansi, maka dari itu nilai kapasitansi lebih mudah untuk diubah dan banyak variasi nilai kapasitor yang ada di pasar, maka nilai kapasitansi yang digunakan yaitu 680 nF sehingga hasil akhir perhitungan frekuensi sebagai berikut

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{(27 \text{ uH})(680 \text{ nF})}}$$

$$f = 37.14 \text{ kHz}$$

Cara kerja rangkaian dimulai dari tegangan diberikan pada catu daya sehingga arus mengalir melalui induktor menuju lilitan primer *transformer* dan arus mengalir melalui kedua resistor menuju gate MOSFET dan membuat MOSFET aktif namun kedua MOSFET tidak benar-benar bernilai sama sehingga salah satu MOSFET akan aktif lebih cepat. Misalkan MOSFET 1 aktif mengakibatkan tegangan pada drain mendekati 0V dan MOSFET 2 tidak aktif karena gate terhubung drain MOSFET 1 melalui dioda mengakibatkan tegangan naik memuncak pada drain MOSFET 2 dan akan turun kembali karena kondisi LC (induktor lilitan primer dengan kapasitor) mengalami pengisian dan begitu sebaliknya.

Kapasitor mengalami kondisi pengosongan dan tersimpan pada induktor berupa lilitan primer *transformer*. Kemudian memindahkan ke lilitan sekunder atau beban rangkaian. Ketika tegangan drain MOSFET 2 mendekati 0V sehingga MOSFET 2 aktif dan MOSFET 1 tidak aktif menyebabkan kapasitor mengalami pengosongan dan induktor lilitan primer mengalami pengisian pada sisi berlawanan.

Tegangan maksimal pada titik drain dapat lebih tinggi dari tegangan catu daya. Perhitungan tegangan drain pada kondisi *steady-state* sebagai berikut

$$V_{pk\ drain} = \pi \cdot V_{in} \quad (3-2)$$

MOSFET merupakan komponen yang bekerja karena pemberian tegangan pada gate sehingga drain dan source terhubung sesuai dengan *datasheet*. Pada perancangan ini menggunakan IRFP250 yang memiliki rentang tegangan kerja  $V_{GS}$  10-20 V sehingga diperlukan penggunaan dioda zener 12 V dan resistor *pull down* 10 k $\Omega$  untuk menghindari kondisi *latch up*.

Penentuan nilai resistor gate berdasarkan perhitungan frekuensi kerja MOSFET dan rangkaian. Berdasarkan *datasheet* IRFP250 dapat diketahui nilai *Total Gate Charge* sebesar 140 nC dan waktu *Rise Time* 86 ns.

$$i_G = \frac{Q_g}{t_g} \quad (3-3)$$

$$i_G = \frac{140\ nC}{86\ ns}$$

$$i_G = 1.63\ A$$

$$R_G = \frac{V_G}{i_G} \quad (3-4)$$

$$R_G = \frac{12\ V}{1.63\ A}$$

$$R_G = 7.36\ \Omega$$

Nilai tersebut merupakan batas nilai resistansi terkecil yang dapat digunakan sebagai resistor gate IRFP250 yang bekerja pada frekuensi maksimal 11.63 MHz. Nilai resistansi terbesar yang bisa digunakan sebagai resistor gate IRFP250 yang bekerja pada frekuensi maksimal 50 kHz dapat ditentukan melalui persamaan 3-3, 3-4, dan 3-5.

$$t_g = \frac{1}{f} \quad (3-5)$$

$$t_g = \frac{1}{50.000\ Hz}$$

$$t_g = 20\ us$$

$$i_G = \frac{140\ nC}{20\ us}$$

$$i_G = 0.007\ A$$

$$R_G = \frac{12\ V}{0.007\ A}$$

$$R_G = 1714.29 \Omega$$

Rentang nilai resistansi yang dapat digunakan sebagai resistor gate pada IRFP250 yang bekerja pada frekuensi 50 kHz yaitu  $7.36 \Omega$  sampai  $1714.29 \Omega$ . dari ketiga persamaan tersebut dapat diketahui bahwa nilai resistor gate memengaruhi nilai frekuensi kerja rangkaian dan waktu kecepatan *switching* IRFP250, serta nilai arus gate yang terbentuk. Semakin besar nilai resistor gate mengakibatkan penurunan waktu kecepatan *switching* MOSFET.

Dioda zener ditambahkan agar dapat membatasi tegangan yang akan diberikan ke gate MOSFET tetap konstan dan menghindari tegangan berlebih yang akan merusak MOSFET karena pemberian catu daya diatas spesifikasi tegangan kerja maksimal  $V_{GS}$  MOSFET yaitu 20 V sehingga pada perancangan ini digunakan dioda zener 12 V untuk membatasi tegangan  $V_{GS}$  agar tidak melebihi 12 V yang masih termasuk dalam daerah kerja  $V_{GS}$  sesuai *datasheet*.

### 3.2.2. Desain Elektroda Media Sterilisasi

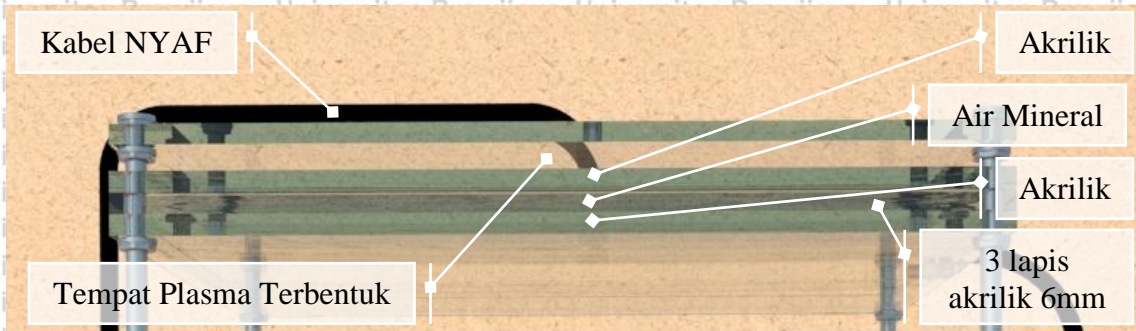
Elektroda merupakan bagian penting dalam pembuatan plasma karena digunakan sebagai tempat terbentuknya plasma. Elektroda bersifat konduktif agar bisa mengalirkan arus listrik dari rangkaian *driver flyback transformer*. Metode pembangkit plasma dingin melalui *dielectric barrier discharge* bertujuan untuk arus listrik yang dialirkan melalui elektroda agar tidak sampai terjadi *arc* atau bunga api yang bisa membuat short suatu rangkaian elektronik.

Penggunaan lapisan *dielectric* bertujuan untuk menghindari kondisi tersebut sehingga arus listrik bisa berubah menjadi plasma dalam kondisi *corona discharge*. Peristiwa loncatan listrik pada fluida contohnya udara namun dalam kondisi belum mencukupi untuk terjadi *arc* atau *electrical breakdown* disebut *corona discharge*.

Elektroda ground terbuat dari kabel tembaga serabut NYAF dengan diameter 1.5 mm dipilih karena kabel serabut lebih fleksibel dan menghindari kerusakan kabel akibat bertegangan tinggi. Arus maksimal yang mengalir pada kabel sesuai dengan spesifikasi catu daya, pada perancangan ini digunakan 5 A sehingga pemilihan kabel diameter 1 mm sudah memenuhi kriteria *standard tinned wire & current rating*, namun pada pasar kabel NYAF hanya tersedia 0.75 mm, 1.5 mm, dan kelipatannya.



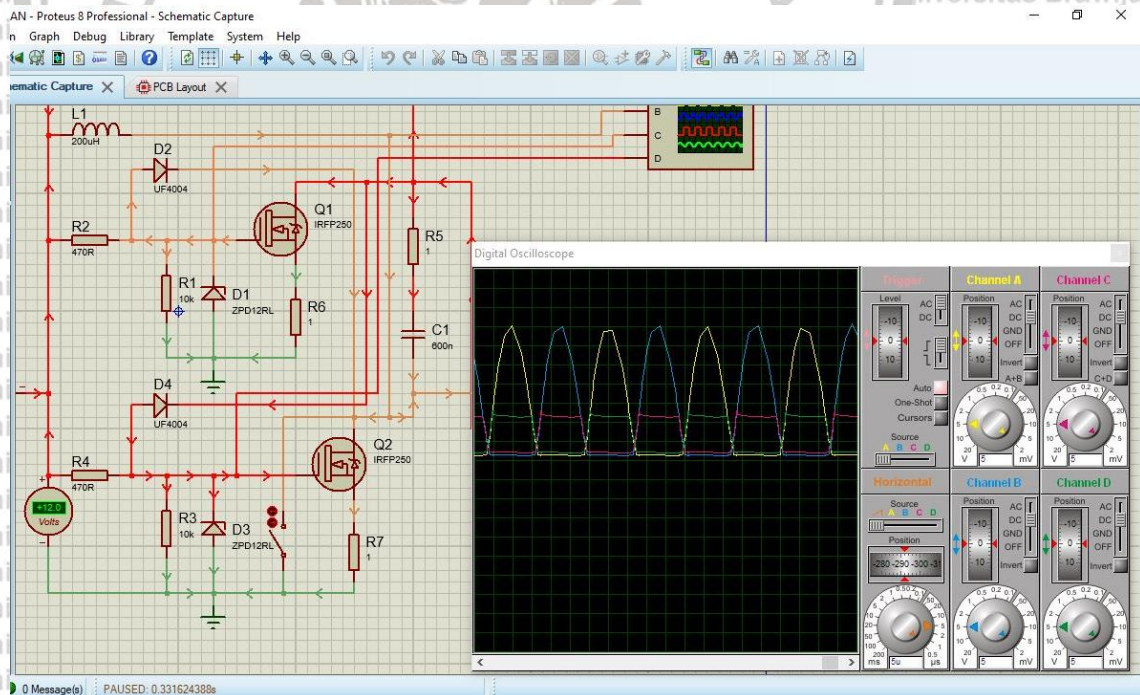
Elektroda positif terbuat dari akrilik dengan ketebalan 6 mm yang disusun menyerupai wadah tertutup sehingga didalamnya bisa terisi air mineral. Susunan elektroda positif dapat dilihat dalam Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Susunan elektroda.

### 3.2.3. Simulasi Rangkaian

Skema rangkaian disimulasikan menggunakan dengan pemberian sumber tegangan masukan sesuai spesifikasi perancangan agar dapat diketahui berapa tegangan keluaran dari skema rangkaian yang telah didesain. Simulasi rangkaian *driver flyback transformer* dapat dilihat dalam Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Simulasi rangkaian *driver flyback transformer*.

Rangkaian yang sudah dibuat dalam bentuk skema rangkaian menggunakan *Software Proteus* sesuai dengan perancangan dapat langsung disimulasikan untuk

mengetahui keluaran dari rangkaian *driver flyback transformer*. Simulasi dilakukan dengan cara pemberian catu daya DC pada skema rangkaian dengan memasukkan angka sesuai spesifikasi yang telah ditentukan. Osiloskop dihubungkan ke skema rangkaian pada titik gate dan drain dari kedua MOSFET agar bisa menampilkan bentuk sinyal pada rangkaian yang disimulasikan.





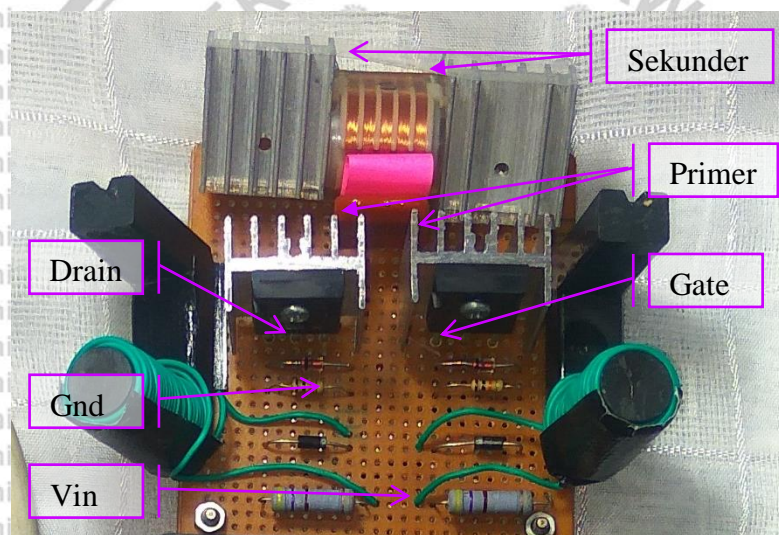
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian menggunakan alat ukur multimeter digunakan untuk mengetahui nilai tegangan dan arus, osiloskop digunakan untuk mengetahui bentuk sinyal, tegangan, dan frekuensi, dan uji lab mikro digunakan untuk mengetahui hasil sterilisasi terhadap perkembangbiakan bakteri yang diuji.

### 4.1. Rangkaian *Driver Flyback Transformer*

#### 4.1.1. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bahwa rangkaian *driver flyback transformer* setelah dibuat mampu menghasilkan sinyal keluaran sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan pada rangkaian *driver flyback transformer* dengan memerhatikan jalur pengujian yang dapat dilihat dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 *Test point* rangkaian *driver flyback transformer*.

Pengujian pada rangkaian untuk mengetahui tegangan dan bentuk sinyal dapat dilakukan pada bagian jalur yang ditunjukkan melalui *test point* untuk memudahkan dalam hal pengukuran dan mengetahui lokasi penempatan *probe* alat ukur.

#### 4.1.2. Alat yang digunakan

Alat yang digunakan pada pengujian ini antara lain:

1. Rangkaian *driver flyback transformer*.
2. Osiloskop HANTEK DSO4084C.

## 3. Multimeter UNI-T UT204A.

**4.1.3. Prosedur Pengujian**

1. Rangkaian *driver flyback transformer* diberikan catu daya sesuai spesifikasi yang telah ditentukan.
2. Jalur rangkaian gate, drain, dan lilitan sekunder dihubungkan dengan osiloskop.
3. Analisis tampilan sinyal pada osiloskop.
4. Jalur masukan rangkaian *driver flyback transformer*, Gate, Drain dihubungkan dengan multimeter.
5. Analisis tampilan pengukuran tegangan dan arus pada multimeter.

**4.1.4. Hasil Pengujian dan Analisis**

Pada hasil pengujian rangkaian *driver flyback transformer*, masing-masing pengukuran sesuai *test point* rangkaian ditampilkan menggunakan osiloskop digital dan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil pengukuran rangkaian

Tegangan Masukan	12 V	15 V	18 V
Arus Masukan	0.7 A	0.9 A	1.2 A
Daya Masukan	8.4 W	13.5 W	21.6 W
Gate	11.6 V	11.4 V	11.4 V
	42.3 kHz	43 kHz	43 kHz
Drain	38.4 V	49.6 V	49.6 V
	42.4 kHz	42.9 Hz	42.9 Hz
Lilitan Sekunder	10.2 kV	12.6 kV	15 kV
	18.6 W	31.7 W	31.7 W
	1.83 mA	2.52 mA	2.12 mA
	42.1 kHz	43 kHz	43 kHz

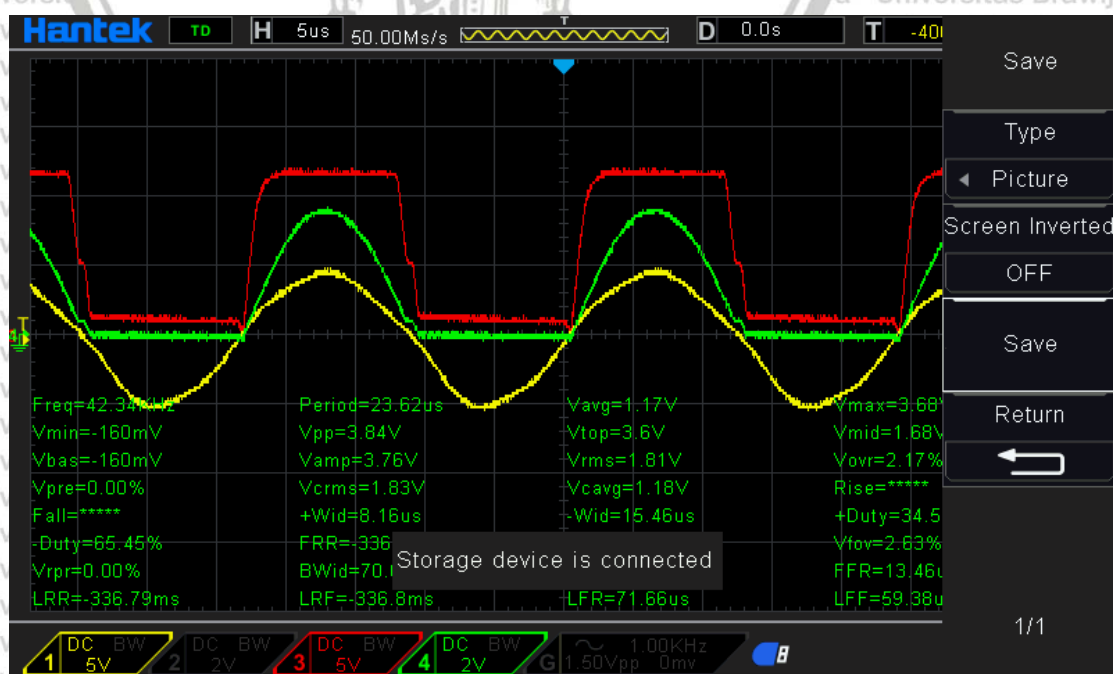
Hasil pengukuran pada *test point* gate MOSFET didapatkan sebesar 11.4-11.6 V dengan pemberian catu daya 12-18 V. hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi

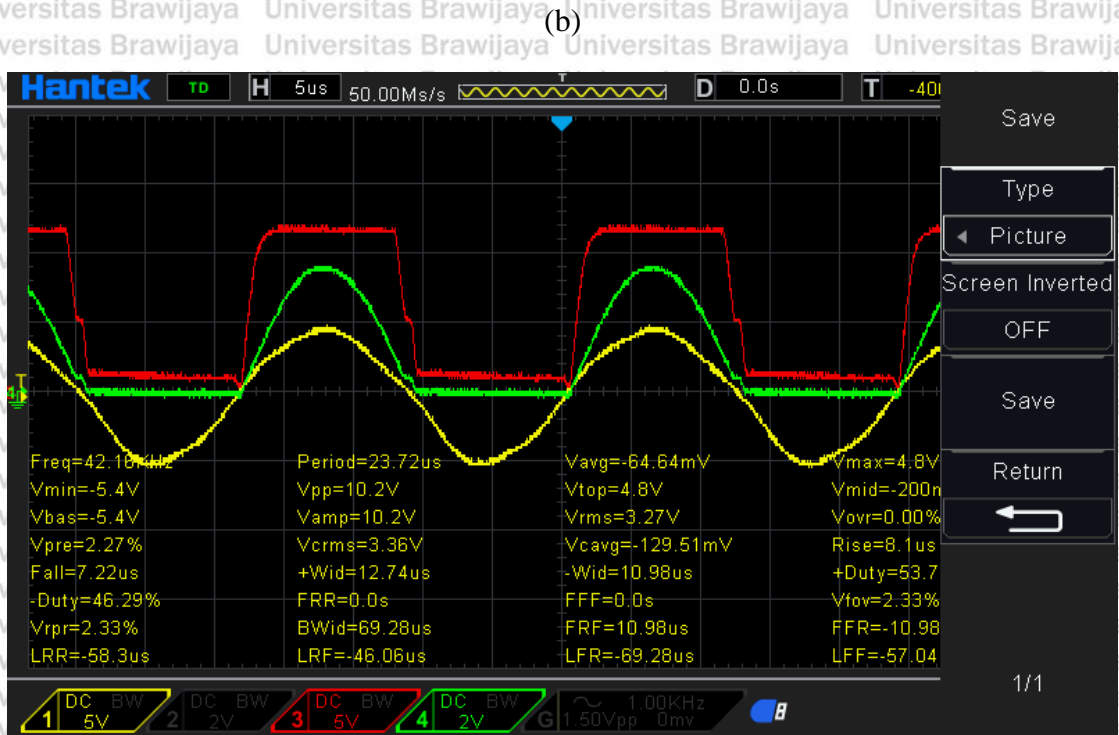
perancangan rangkaian karena tegangan terukur termasuk dalam ketentuan tegangan dioda zener 12 V yang dipakai agar tegangan pada gate MOSFET tidak lebih dari 12 V.

Hasil pengukuran rangkaian pada osiloskop dengan masukan 12 V DC 0.7 A dapat dilihat dalam Gambar 4.2. Grafik sinyal merah merupakan bentuk sinyal pada Gate MOSFET dengan skala probe x1. Grafik sinyal hijau merupakan bentuk sinyal pada Drain MOSFET dengan skala probe x10. Grafik sinyal kuning merupakan bentuk sinyal pada lilitan sekunder flyback transformer dengan skala probe x1000.



(a)

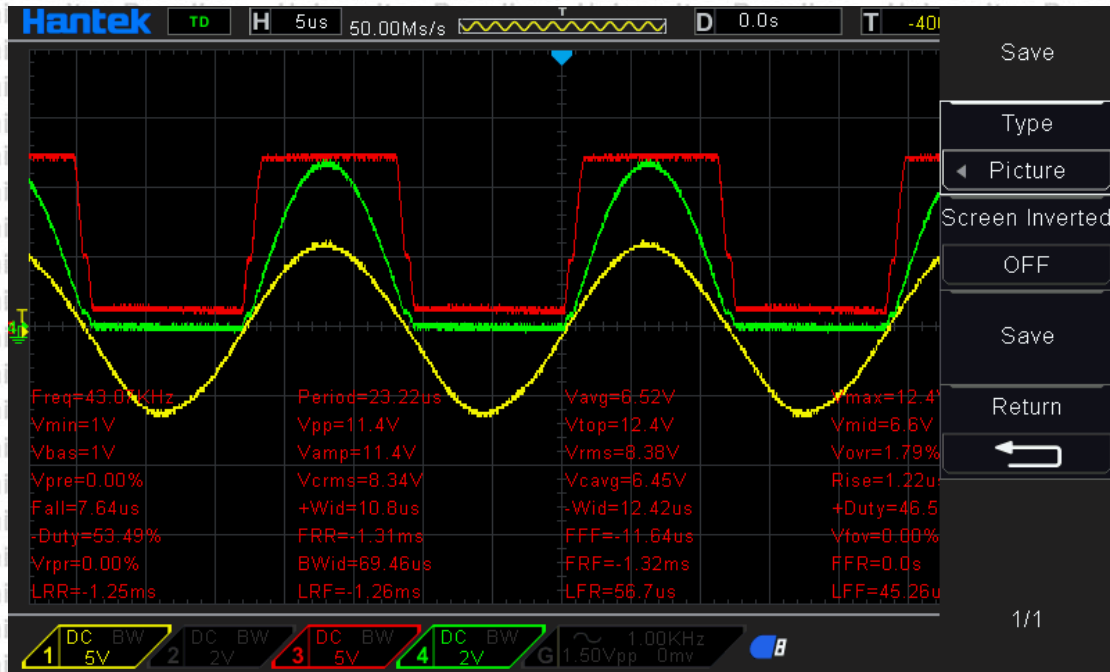




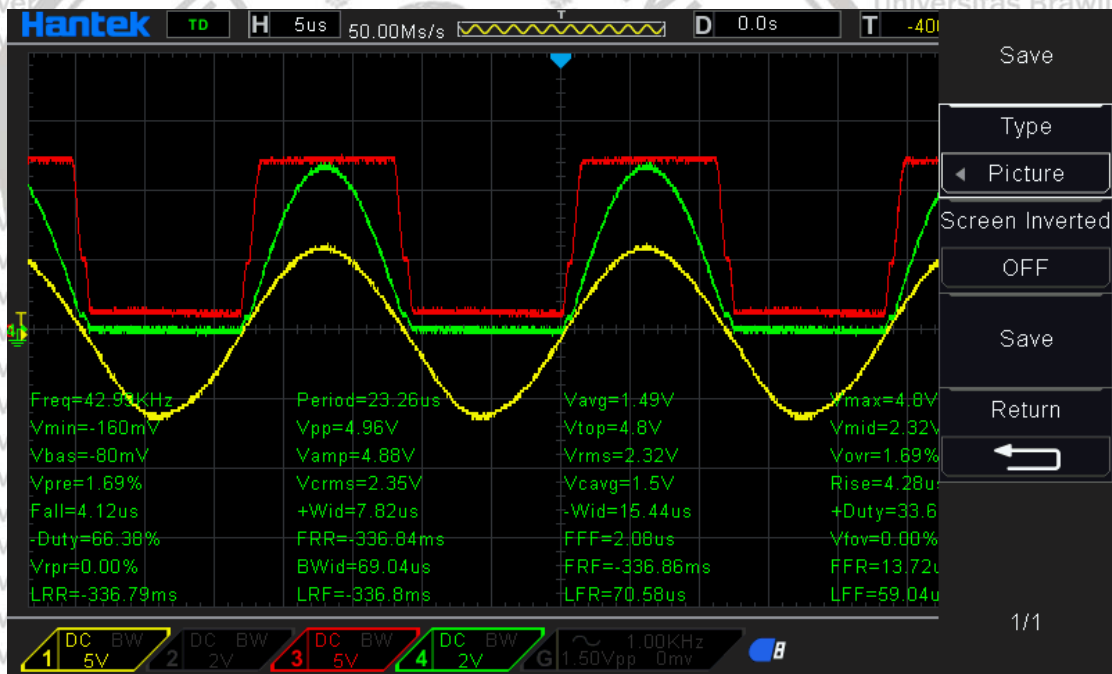
(c)

Gambar 4.2 Sinyal osiloskop pengukuran dengan masukan 12 V DC (a) gate (b) drain (c) lilitan sekunder.

Hasil pengukuran rangkaian pada osiloskop dengan masukan 15 V DC 0.9 A dapat dilihat dalam Gambar 4.3. Grafik sinyal merah merupakan bentuk sinyal pada Gate MOSFET dengan skala probe x1. Grafik sinyal hijau merupakan bentuk sinyal pada Drain MOSFET dengan skala probe x10. Grafik sinyal kuning merupakan bentuk sinyal pada lilitan sekunder flyback transformer dengan skala probe x1000.

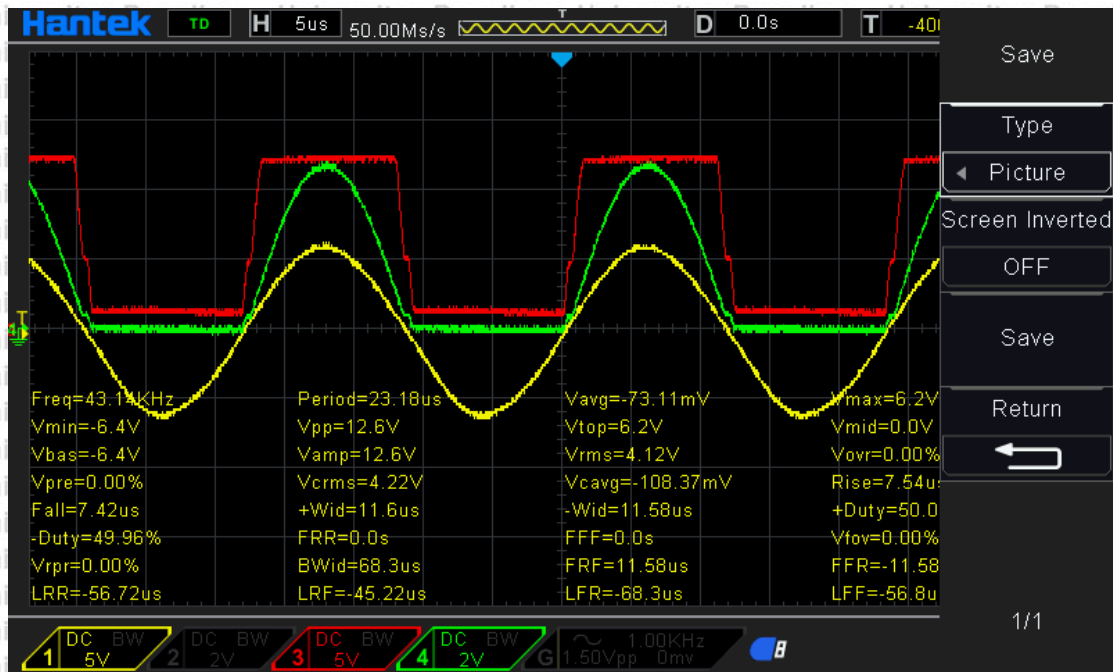


(a)



(b)





(c)

Gambar 4.3 Sinyal osiloskop pengukuran dengan masukan 15 V DC (a) gate (b) drain (c) lilitan sekunder.

## 4.2. Elektroda Media Sterilisasi

### 4.2.1. Tujuan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui plasma dingin yang terbentuk pada elektroda. Cara pengujian yaitu dengan melakukan observasi secara langsung pada elektroda dengan memberi masukan catu daya sesuai spesifikasi yang telah ditentukan.

### 4.2.2. Alat yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan dalam pengujian pengolahan data adalah:

1. Rangkaian *driver flyback transformer*.
2. Osiloskop HANTEK DSO4084C.
3. Multimeter UNI-T UT204A.
4. Elektroda akrilik berisi air mineral.

### 4.2.3. Prosedur Pengujian

1. Rangkaian *driver flyback transformer* diberikan catu daya sesuai spesifikasi yang telah ditentukan.
2. Jalur rangkaian gate, drain, dan lilitan sekunder dihubungkan dengan osiloskop.

3. Jalur masukan rangkaian *driver flyback transformer*, Gate, Drain dihubungkan dengan multimeter.
4. Observasi pada elektroda saat catu daya mulai diberikan.
5. Jika plasma dingin terbentuk, maka akan muncul cahaya ungu kebiruan dan suara berdesis karena gas disekitar elektroda mengalami ionisasi.

#### 4.2.4. Hasil Pengujian dan Analisis

Pada pengujian observasi elektroda didapatkan hasil berupa plasma dingin terbentuk atau tidak. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.4.

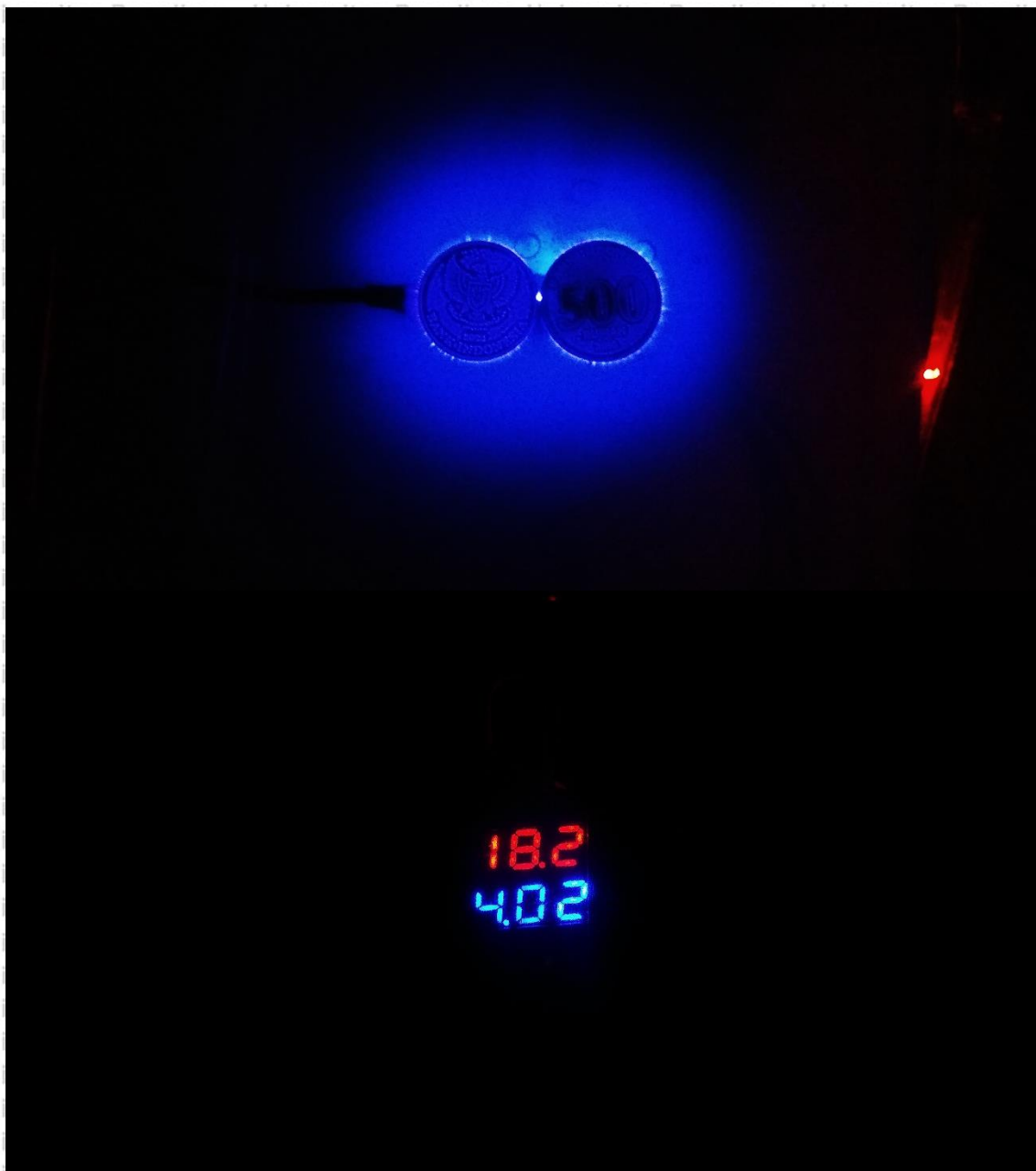


(a)



(b)





(c)

Gambar 4.4 Plasma pada elektroda dengan tegangan catu daya DC (a) 12 V (b) 15.2 V (c) 18.2 V.

Observasi elektroda dilakukan untuk mengetahui kondisi pembentukan plasma pada media sterilisasi. Pada pemberian catu daya 12 V didapatkan hasil belum terbentuk plasma pada elektroda. Pemberian catu daya 15.2 V diperoleh hasil terbentuk sedikit plasma pada elektroda. Pemberian catu daya 18.2 V didapatkan hasil terbentuk banyak plasma pada elektroda.

### 4.3. Pengujian Sterilisasi Plasma Dingin Terhadap Mikroorganisme

#### 4.3.1. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hasil objek yang telah sterilisasi menggunakan plasma dingin bisa membuat mikroorganisme mengalami inaktivasi. Pengujian dilaksanakan menggunakan uji *Screening* pada petri untuk mengetahui bakteri perkembangbiakan bakteri pada kondisi sebelum dan sesudah pemaparan plasma dengan hasil keluaran berupa bakteri berkembang biak atau mati. Pengujian dilakukan dengan pemberian variasi durasi waktu sterilisasi yaitu 5 detik, 10 detik, 20 detik, dan 60 detik. Observasi perkembangan bakteri dipantau setiap 24 jam selama dua hari.

#### 4.3.2. Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan pada pengujian ini adalah:

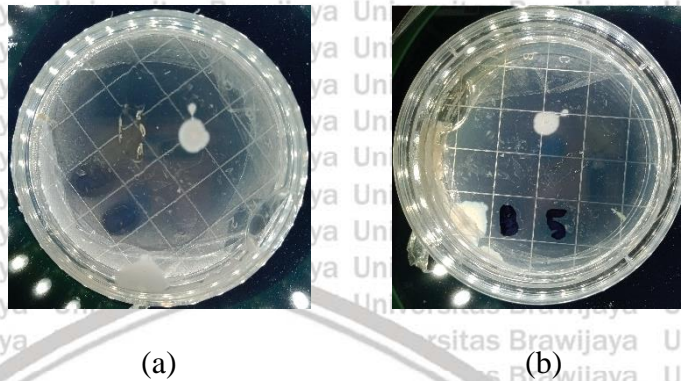
1. Inkubator
2. Swab Steril
3. Media biakan TSA (*Trypticase Soy Agar*)
4. Petri
5. Rangkaian elektronik dan elektroda media sterilisasi.

#### 4.3.3. Prosedur Pengujian

1. *Swab* benda yang akan disterilisasi menggunakan *swab* steril
2. *Swab* Petri berisi TSA steril lain menggunakan *swab* steril yang digunakan sebelumnya
3. Hubungkan rangkaian pada catu daya dan letakkan benda yang akan disterilisasi pada elektroda.
4. Catat durasi waktu yang dibutuhkan untuk sterilisasi
5. *Swab* benda yang telah disterilisasi menggunakan *swab* steril
6. *Swab* petri TSA steril menggunakan *swab* steril yang digunakan sebelumnya
7. Ulangi sesuai jumlah yang dibutuhkan untuk pengujian berdasarkan perbedaan durasi waktu
8. Inkubasi petri TSA yang telah dilakukan *swab*
9. Observasi *screening* petri setiap 24 jam

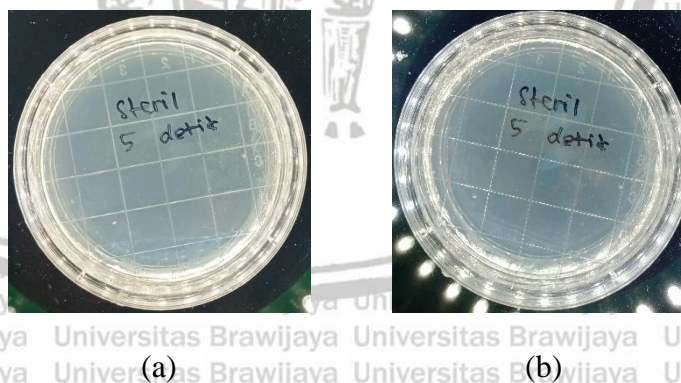
#### 4.3.4. Hasil Pengujian dan Analisis

Hasil pengujian Screening pada petri sebelum dan sesudah pemberian perlakuan plasma dingin diamati tiap 24 jam dalam masa inkubasi yang dapat dilihat dalam Gambar 8, 9, 10, 11, dan 12.



Gambar 4.5 Observasi perkembangan bakteri (a) sebelum sterilisasi inkubasi 24 jam (b) sebelum sterilisasi inkubasi 48 jam

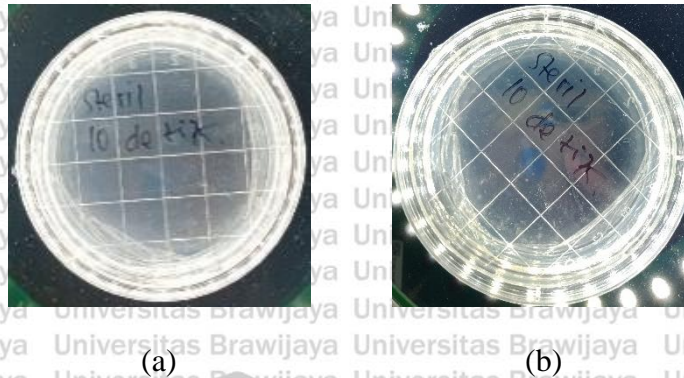
Hasil observasi pada media biakan TSA yang belum diberikan perlakuan pemaparan plasma telah diinkubasi selama 24 jam dapat terlihat terdapat bakteri yang berkembang biak pada bagian tengah dan samping media. Hasil inkubasi 48 jam bakteri berkembang biak lebih banyak dari sebelumnya yang terletak pada bagian tengah dan samping media.



Gambar 4.6 Observasi perkembangan bakteri (a) 5 detik sterilisasi inkubasi 24 jam (b) 5 detik sterilisasi inkubasi 48 jam

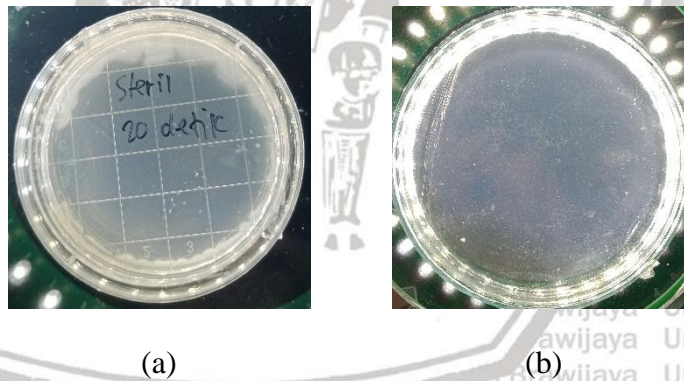
Hasil observasi pada media biakan TSA yang sudah diberikan perlakuan pemaparan plasma selama 5 detik telah diinkubasi selama 24 jam dapat terlihat bahwa tidak terdapat bakteri yang berkembang biak pada media. Hasil inkubasi 48 jam media

masih belum ada bakteri berkembang biak lebih banyak dari sebelumnya yang terletak pada media sehingga didapatkan hasil steril selama pemaparan plasma 5 detik.



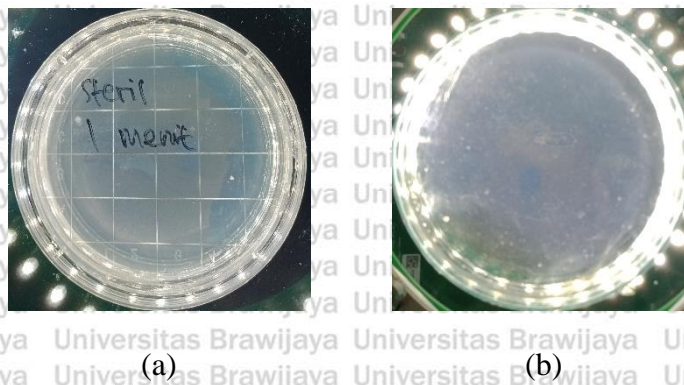
Gambar 4.7 Observasi perkembangan bakteri (a) 10 detik sterilisasi inkubasi 24 jam (b) 10 detik sterilisasi inkubasi 48 jam

Hasil observasi pada media biakan TSA yang sudah diberikan perlakuan pemaparan plasma selama 10 detik telah diinkubasi selama 24 jam dapat terlihat bahwa tidak terdapat bakteri yang berkembang biak pada media. Hasil inkubasi 48 jam media masih belum ada bakteri berkembang biak lebih banyak dari sebelumnya yang terletak pada media sehingga didapatkan hasil steril selama pemaparan plasma 10 detik.



Gambar 4.8 Observasi perkembangan bakteri (a) 20 detik sterilisasi inkubasi 24 jam (b) 20 detik sterilisasi inkubasi 48 jam

Hasil observasi pada media biakan TSA yang sudah diberikan perlakuan pemaparan plasma selama 20 detik telah diinkubasi selama 24 jam dapat terlihat bahwa tidak terdapat bakteri yang berkembang biak pada media. Hasil inkubasi 48 jam media masih belum ada bakteri berkembang biak lebih banyak dari sebelumnya yang terletak pada media sehingga didapatkan hasil steril selama pemaparan plasma 20 detik.



Gambar 4.9 Observasi perkembangan bakteri (a) 60 detik sterilisasi inkubasi 24 jam (b) 60 detik sterilisasi inkubasi 48 jam

Hasil observasi pada media biakan TSA yang sudah diberikan perlakuan pemaparan plasma selama 60 detik telah diinkubasi selama 24 jam dapat terlihat bahwa tidak terdapat bakteri yang berkembang biak pada media. Hasil inkubasi 48 jam media masih belum ada bakteri berkembang biak lebih banyak dari sebelumnya yang terletak pada media sehingga didapatkan hasil steril selama pemaparan plasma 60 detik.







## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian sistem alat sterilisasi menggunakan plasma dingin dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

#### 5.1. Kesimpulan

1. Desain rangkaian pembangkit plasma dingin terdiri dari catu daya dan *driver flyback transformer* yang berfungsi mengubah tegangan catu daya 24 V DC menjadi 10-15 kV 40-50 kHz sebagai masukan elektroda pembangkit plasma dingin.
2. Desain rangkaian elektroda pembangkit plasma dingin menggunakan metode *dielectric barrier discharge* digunakan sebagai media penghubung antara rangkaian elektronik dengan objek sterilisasi, serta berfungsi mencegah arus listrik yang dialirkan melalui elektroda agar tidak sampai terjadi *arc* atau *electrical breakdown*, sehingga arus listrik bisa berubah menjadi plasma dalam kondisi *corona discharge*.
3. Sterilisasi menggunakan plasma dingin yang terbentuk pada elektroda terjadi melalui proses reaktif antara plasma dingin yang merupakan gas terionisasi dengan lapisan dinding sel dan terjadi oksidasi terhadap isi sel mikroorganisme sehingga menjadi inaktivasi

#### 5.2. Saran

Penelitian yang dilakukan tidak terlepas dari kekurangan dan kelemahan. Oleh karena itu, untuk pengembangan lebih lanjut maka perlu diperhatikan beberapa hal berikut :

1. Sebaiknya trafo tegangan dan frekuensi tinggi yang digunakan pada rangkaian merupakan trafo dengan kondisi isolasi dan pendinginan yang baik seperti *AC Flyback Transformer* sehingga rangkaian dapat dioperasikan pada durasi waktu lebih lama.
2. Sebaiknya instalasi listrik dilengkapi sistem *grounding* untuk menambah keamanan dari bahaya listrik karena desain alat dilengkapi sistem *grounding*.
3. Pengoperasian alat pada ruang berventilasi atau memiliki sirkulasi udara yang baik karena alat menghasilkan plasma, gas reaktif ozon yang pada jumlah tertentu bisa memengaruhi paru-paru.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ardana, I. G. (2016). *Program Penyadaran Kepatuhan Cuci Tangan Dapat Meningkatkan Pengetahuan Cuci Tangan, Menurunkan Jumlah Koloni Dan Bakteri Staphylococcus aureus Pada Tangan Co Ass FKG Unmas Denpasar*. Universitas Udayana, Ilmu Biomedik. Denpasar: Universitas Udayana.
- Breket, W., Hemalatha, K., Getenet, B., Wondwossen, T., Solomon, A., Zeynudin, A., & Kannan, S. (2012). Update On Bacterial Nosocomial Infections. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 16, 1039-1044.
- Bruggeman, P., & Leys, C. (2009, February 17). Nonthermal plasmas in and in contact with liquids. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 42(5).
- Burton, M., Cobb, E., Donachie, P., Judah, G., Curtis, V., & Schmidt, W. (2011, Januari 08). The Effect of Handwashing with Water or Soap on Bacterial Contamination of Hands. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8, 97-104. doi:10.3390/ijerph8010097
- Chen. (2002). *Direct-Current Corona Enhanced Chemical Reactions*. University of Minnesota. USA: University of Minnesota.
- DepKes RI. (2007). *Pedoman Manajerial Pencegahan dan Pengendalian Infeksi di Rumah Sakit dan Fasilitas Kesehatan Lainnya*. Jakarta: Departmen Kesehatan Republik Indonesia.
- Jin, Y.-H., Cai, L., Cheng, Z.-S., Chen, H., Deng, T., Fan, Y.-P., . . . Ma, L.-L. (2020, Februari 6). A Rapid Advice Guidline for The Diagnosis and Treatment of 2019 Novel Coronavirus (2019-nCoV) Infected Pneumonia (Standard Version). *Military Medical Research*, 7(1), 4. doi:10.1186/s40779-020-0233-6
- KemenKes RI. (2010). *Pedoman Perilaku Hidup Bersih dan Sehat*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kunhardt, E. E. (2000). Generation of Large-Volume, Atmospheric Pressure, Non-equilibrium Plasmas. *IEEE Transactions on Plasma Science*, 28(1), 189-200.

Lachapelle, J. M. (2014). A Comparison of The Irritant and Allergenic Properties of Antiseptics. *European Journal of Dermatology*, 24(1), 3-9.

doi:10.1684/ejd.2013.2198

Lachapelle, J. M. (2020). *Antiseptics and Disinfectants*. Switzerland: Springer Nature

Switzerland AG. doi:10.1007/978-3-319-68615-8

Lachenmeier, D. W. (2016). Antiseptic Drugs and Disinfectants. In S. D. Ray (Ed.),

*Side Effects of Drugs Annual* (1st ed., Vol. 38, pp. 211-216). Amsterdam,

Netherlands: Elsevier.

Lu, X., Naidis, G. V., Laroussi, M., Reuter, S., Graves, D. B., & Ostrikov, K. (2016,

Mei 4). Reactive Species In Non-equilibrium Atmospheric-pressure Plasmas:

Generation, Transport, and Biological Effects. *Physics Reports*, 630, 1-84.

doi:10.1016/j.physrep.2016.03.003

Misra, N. N., Tiwari, B. K., Raghavarao, K. S., & Cullen, P. J. (2011). Nonthermal

Plasma Inactivation of Food-Borne Pathogens. *Food Engineering Reviews*, 3(3),

159-170. doi:10.1016/j.jhazmat.2015.07.061

Osterlund, A., Kahlmeter, G., Haeggman, S., & Olsson-Liljequist, B. (2006).

Staphylococcus Aureus Resistant to Usidic Acid Among Swedish Children: A

Follow-up Study. *Scandinavian Journal of Infectious Diseases*, 38(5), 332-334.

doi:10.1080/00365540500491976

Prabhu, N., Sangeetha, M., & Joseph, P. (2006). A Rapid Method of Evaluating

Microbial Load in Health Care Industry and Application of Alcohol to Reduce

Noso- comial Infection. *Journal of the Academy of Hospital Administration*,

18(1), 1-12.

Schutze, A., Jeong, J. Y., Babayan, S. E., Park, J., Selwyn, G. S., & Hicks, R. F. (1998).

The Atmospheric-Pressure Plasma Jet: A Review and Comparison to Other

Plasma Sources. *IEEE Transaction On PLasma Science*, 26(6), 1685-1694.

WHO. (2020). *Water, Sanitation, Hygiene, and Waste Management for The Covid-19*

*Virus*. Geneva, Swiss: WHO.

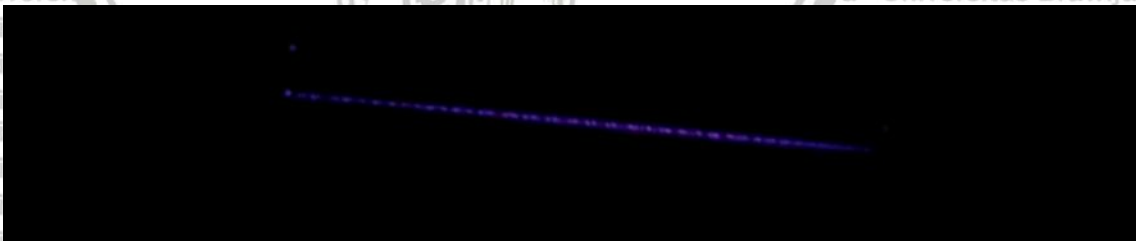
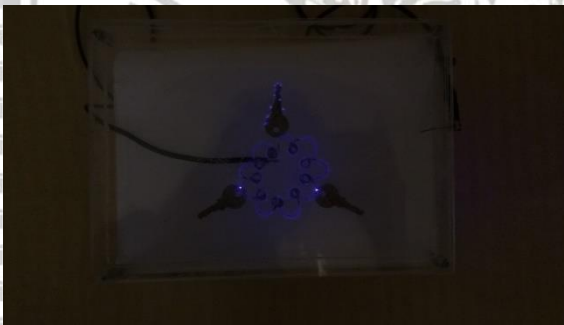
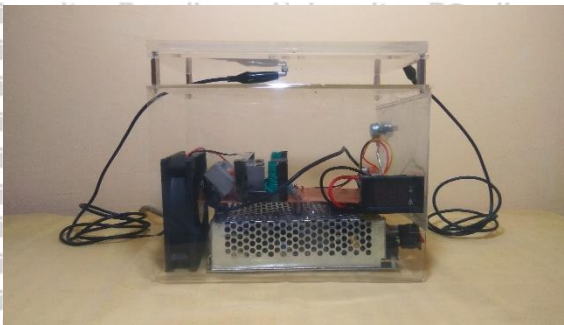
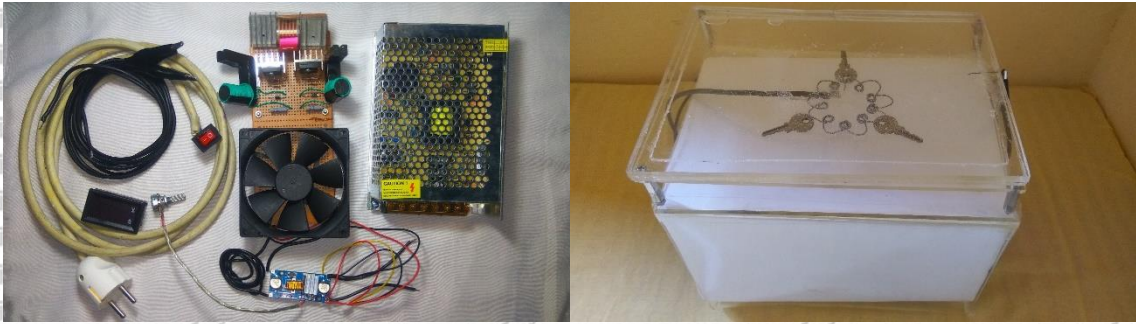
Zhang, S., Sobota, A., Van-Veldhuizen, E. M., & Bruggeman, P. J. (2015). *Gas Flow Characteristics of a Time Modulated APPJ: The Effect of Gas Heating on Flow Dynamics*. United Kingdom: IOP Publishing.





# LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Alat





## Lampiran 2. Datasheet Komponen

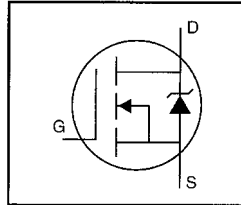
**International Rectifier**

PD-9.443D

**IRFP250**

HEXFET® Power MOSFET

- Dynamic dv/dt Rating
- Repetitive Avalanche Rated
- Isolated Central Mounting Hole
- Fast Switching
- Ease of Paralleling
- Simple Drive Requirements



$$V_{DSS} = 200V$$

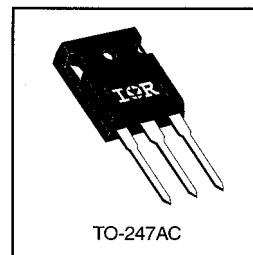
$$R_{DS(on)} = 0.085\Omega$$

$$I_D = 30A$$

**Description**

Third Generation HEXFETs from International Rectifier provide the designer with the best combination of fast switching, ruggedized device design, low on-resistance and cost-effectiveness.

The TO-247 package is preferred for commercial-industrial applications where higher power levels preclude the use of TO-220 devices. The TO-247 is similar but superior to the earlier TO-218 package because of its isolated mounting hole. It also provides greater creepage distance between pins to meet the requirements of most safety specifications.



TO-247AC

DATA SHEETS

**Absolute Maximum Ratings**


	Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10\text{ V}$	30	A
$I_D @ T_C = 100^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10\text{ V}$	19	
$I_{DM}$	Pulsed Drain Current ①	120	
$P_D @ T_C = 25^\circ\text{C}$	Power Dissipation	190	W
	Linear Derating Factor	1.5	W/°C
$V_{GS}$	Gate-to-Source Voltage	$\pm 20$	V
$E_{AS}$	Single Pulse Avalanche Energy ②	410	mJ
$I_{AR}$	Avalanche Current ①	30	A
$E_{AR}$	Repetitive Avalanche Energy ①	19	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ③	5.0	V/ns
$T_J$	Operating Junction and Storage Temperature Range	-55 to +150	°C
$T_{STG}$	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case)	
	Mounting Torque, 6-32 or M3 screw	10 lbf•in (1.1 N•m)	

**Thermal Resistance**


	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	—	0.65	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	—	0.24	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	—	40	

## IRFP250

Electrical Characteristics @  $T_J = 25^\circ\text{C}$  (unless otherwise specified)

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
$V_{(BR)DSS}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	200	—	—	V	$V_{GS}=0V, I_D=250\mu A$
$\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.27	—	$V/^\circ\text{C}$	Reference to $25^\circ\text{C}, I_D=1\text{mA}$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	0.085	$\Omega$	$V_{GS}=10V, I_D=18A$ ④
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	$V_{DS}=V_{GS}, I_D=250\mu A$
$g_{fs}$	Forward Transconductance	12	—	—	S	$V_{DS}=50V, I_D=18A$ ④
$I_{DSS}$	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	25	$\mu A$	$V_{DS}=200V, V_{GS}=0V$
		—	—	250	$\mu A$	$V_{DS}=160V, V_{GS}=0V, T_J=125^\circ\text{C}$
$I_{GSS}$	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	$V_{GS}=20V$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100	nA	$V_{GS}=-20V$
$Q_g$	Total Gate Charge	—	—	140	nC	$I_D=30A$
$Q_{gs}$	Gate-to-Source Charge	—	—	28	nC	$V_{DS}=160V$
$Q_{gd}$	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	74	nC	$V_{GS}=10V$ See Fig. 6 and 13 ④
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	16	—	ns	$V_{DD}=100V$
$t_r$	Rise Time	—	86	—	ns	$I_D=30A$
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	70	—	ns	$R_G=6.2\Omega$
$t_f$	Fall Time	—	62	—	ns	$R_D=3.2\Omega$ See Figure 10 ④
$L_D$	Internal Drain Inductance	—	5.0	—	nH	Between lead, 6 mm (0.25in.) from package and center of die contact 
$L_S$	Internal Source Inductance	—	13	—	nH	
$C_{iss}$	Input Capacitance	—	2800	—	pF	$V_{GS}=0V$
$C_{oss}$	Output Capacitance	—	780	—	pF	$V_{DS}=25V$
$C_{riss}$	Reverse Transfer Capacitance	—	250	—	pF	$f=1.0\text{MHz}$ See Figure 5

## Source-Drain Ratings and Characteristics

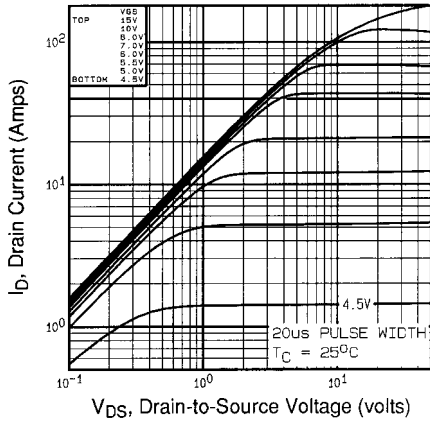
	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
$I_S$	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	30	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode. 
$I_{SM}$	Pulsed Source Current (Body Diode) ①	—	—	120	A	
$V_{SD}$	Diode Forward Voltage	—	—	2.0	V	$T_J=25^\circ\text{C}, I_S=30A, V_{GS}=0V$ ④
$t_{rr}$	Reverse Recovery Time	—	360	540	ns	$T_J=25^\circ\text{C}, I_F=30A$
$Q_{rr}$	Reverse Recovery Charge	—	4.6	6.9	$\mu\text{C}$	$di/dt=100A/\mu\text{s}$ ④
$t_{on}$	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by $L_S+L_D$ )				

## Notes:

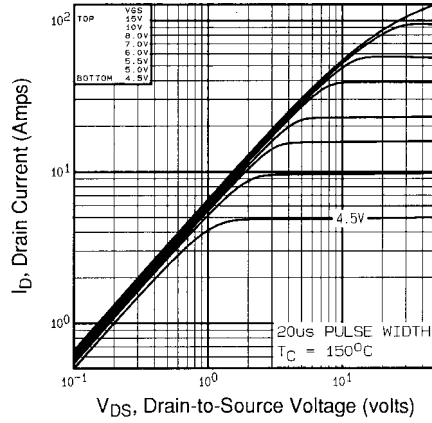
- ① Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature (See Figure 11)
- ②  $V_{DD}=50V$ , starting  $T_J=25^\circ\text{C}$ ,  $L=683\mu\text{H}$ ,  $R_G=25\Omega$ ,  $I_{AS}=30A$  (See Figure 12)
- ③  $I_{SD}\leq 30A$ ,  $di/dt\leq 190A/\mu\text{s}$ ,  $V_{DD}\leq V_{(BR)DSS}$ ,  $T_J\leq 150^\circ\text{C}$
- ④ Pulse width  $\leq 300\mu\text{s}$ ; duty cycle  $\leq 2\%$ .



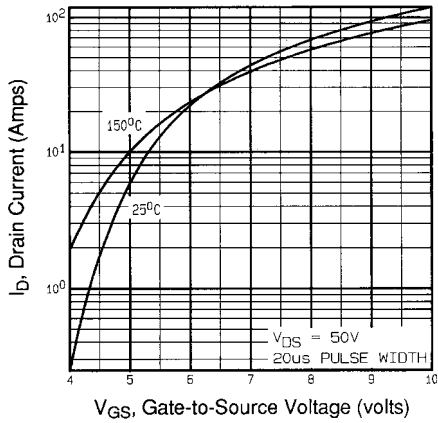
# IRFP250



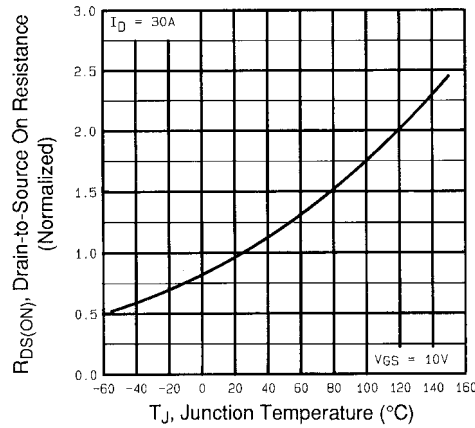
**Fig 1.** Typical Output Characteristics,  $T_C=25^\circ\text{C}$



**Fig 2.** Typical Output Characteristics,  $T_C=150^\circ\text{C}$



**Fig 3.** Typical Transfer Characteristics



**Fig 4.** Normalized On-Resistance Vs. Temperature

DATA SHEETS