



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SERTIFIKAT PATEN

Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia atas nama Negara Republik Indonesia berdasarkan Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2016 tentang Paten, memberikan hak atas Paten kepada:

Nama dan Alamat Pemegang Paten : LPPM UNIVERSITAS AIRLANGGA
Kampus C Universitas Airlangga
Jl. Mulyorejo
Surabaya 60115
INDONESIA

Untuk Inovasi dengan Judul : SISTEM INSTRUMENTASI FOTODINAMIK DENGAN AKTIVATOR MEDAN ELEKTROMAGNET UNTUK APLIKASI FOTOINAKTIVASI MIKROBA PATOGEN

Inventor : Dr. Suryani Dyah Astuti, S.Si., M.Si
Drs. R. Arif Wibowo, M.Si
Deny Arifianto, S.Si

Tanggal Penerimaan : 30 September 2014

Nomor Paten : IDP000049418

Tanggal Pemberian : 07 Februari 2018

Perlindungan Paten untuk inovasi tersebut diberikan untuk selama 20 tahun terhitung sejak Tanggal Penerimaan (Pasal 22 Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2016 tentang Paten).

Sertifikat Paten ini dilampiri dengan deskripsi, klaim, abstrak dan gambar (jika ada) dari inovasi yang tidak terpisahkan dari sertifikat ini.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.
NIP. 196611181994031001



(12) PATEN INDONESIA

(11) IDP000049418 B

(19) DIREKTORAT JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

(45) 07 Februari 2018

- (51) Klasifikasi IPC⁸ : H 05B 33/00 // (H 05B 33:00)
- (21) No. Permohonan Paten : P00201405922
- (22) Tanggal Penerimaan: 30 September 2014
- (30) Data Prioritas : (31) Nomor (32) Tanggal (33) Negara
- (13) Tanggal Pengumuman: 03 Juli 2015

(71) Nama dan Alamat yang Mengajukan Permohonan Paten :
LPPM UNIVERSITAS AIRLANGGA
Kampus C Universitas Airlangga
Jl. Mulyorejo
Surabaya 16115
INDONESIA

(72) Nama Inventor :
Dr. Suryani Dyah Astuti, S.Si., M.Si, ID
Drs. R. Arif Wibowo, M.Si, ID
Deny Arifianto, S.Si, ID

(74) Nama dan Alamat Konsultan Paten :

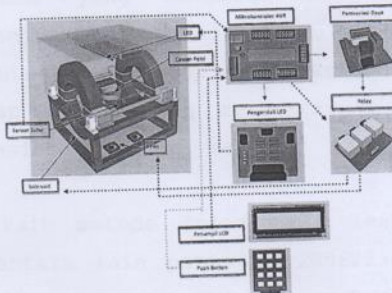
Pemeriksa Paten : Ir. Lidya Winarsih

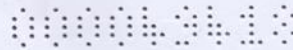
Jumlah Klaim : 5

Dokumen Pembanding:
P0201304631
P02814187 A
P0294018 A

Judul Invensi : SISTEM INSTRUMENTASI FOTODINAMIK DENGAN AKTIVATOR MEDAN ELEKTROMAGNET UNTUK APLIKASI FOTOINAKTIVASI MIKROBA PATOGEN

Abstrak :
Invensi ini berhubungan dengan suatu sistem instrumentasi fotodinamik dengan aktivator medan elektromagnet untuk aplikasi fotoinaktivasi mikroba patogen. Lebih khusus, sistem tersebut dilengkapi kontroler untuk pengendali sumber cahaya dan besarnya kuat medan magnet. Sistem instrumentasi fotodinamik dan medan elektromagnet ini terdiri dari kontroler dan holder sampel hitam berisi mikrokontroler, rangkaian sumber cahaya polikromatik pada spektrum panjang gelombang tampak, dua kumparan identik sebagai sumber medan elektromagnet, sensor temperatur dan kipas. Kontroler berfungsi mengendalikan parameter homogenitas dan besarnya rapat daya penyinaran, besarnya arus pada kumparan yang akan menghasilkan medan elektromagnet, durasi lama waktu penyinaran dan pengendali kestabilan temperatur pada holder sampel hitam. Medan elektromagnetik dihasilkan dari dua kumparan identik dengan diameter kumparan luar 13 cm, diameter kumparan dalam 6 cm, dan jumlah lilitan sebanyak 1000 lilitan. Hambatan masing-masing kumparan adalah 11 Ohm yang dipasang seri. Kelayakan instrumen fotodinamik untuk inaktivasi mikroba telah dikalibrasi dan paling disukai penyinaran spektrum cahaya tampak dan medan elektromagnet 1.8 mili Tesla yang homogen dan optimal membunuh mikroba pencemar air (*Escherichia coli* ATCC 25922). Aplikasi instrumen ini lebih luas dapat digunakan untuk sterilisasi air minum yang tercemar oleh mikroba patogen.





Deskripsi

SISTEM INSTRUMENTASI FOTODINAMIK DENGAN AKTIVATOR MEDAN ELEKTROMAGNET UNTUK APLIKASI FOTOINAKTIVASI MIKROBA PATOGEN

5

Bidang Teknik Invensi

Invensi ini berhubungan dengan suatu sistem instrumentasi fotodinamik dengan aktivator medan elektromagnet untuk aplikasi fotoinaktivasi mikroba patogen. Lebih khusus, sistem tersebut dilengkapi kontroler pengendali besarnya kuat medan magnet.

15

Latar Belakang Invensi

Salah satu indikator keberhasilan dalam fotoinaktivasi mikroba patogen adalah kematian mikroba yang ditunjukkan dengan berkurangnya populasi mikroba. Fotodinamik adalah metode antimikroba yang memanfaatkan cahaya dan zat fotosensitizer sebagai penyerap energi cahaya. Parameter utama yang menentukan terhadap keberhasilan fotoinaktivasi adalah kuat medan magnet yang mengaktifasi fotosensitisasi menghasilkan spesies oksigen reaktif yang akan membunuh mikroba patogen.

Invensi terkait metode fotodinamik inaktivasi mikroba yang telah ada antara lain paten US 2006223071 BI berjudul *Instrumen for Photodynamic Therapy and diagnosis Which Produces Substantially uniform Intensity Visible Light* oleh Scott Lundahl. Invensi dari paten ini meliputi aparatus dan metode untuk terapi dan diagnosis fotodinamik menggunakan instrumen yang menghasilkan berbagai intensitas sumber cahaya pada daerah tampak. Sumber cahaya dibangkitkan dari tabung fluoresens berbentuk U yang dipandu oleh elektronik ballast.

116



Paten US 2008030836 B2 berjudul *Illuminator For Photodynamic Therapy* oleh Scott Lundahl, Rebecca Kozodoys Randolph, Ruttger-Pelli, Ronald Carroll dan Elton Leppelmeier. Invensi dari paten ini meliputi aparatus dan metode untuk 5 terapi serta diagnosis fotodinamik dengan menggunakan sebuah instrumen dari sumber cahaya polikromatik pada rentang cahaya tampak.

Paten US 2008585707 B2 berjudul *Continous Low Irradiance Photodynamic Therapy Method* oleh Gary S. Rogers. Invensi dari 10 paten ini adalah sistem dan metode untuk terapi pasien, meliputi penggunaan fotosensitiser, aplikator penyesuaian untuk kulit pasien dan iradiasi sinar kontinu intensitas rendah untuk terapi fotodinamik.

Invensi yang ada dalam deskripsi ini berbeda dengan 15 invensi LED sebelumnya, mengenai instrumen fotodinamik dengan Light Emitting Diode (LED) untuk fotoinaktivasi bakteri patogen. Invensi yang diajukan ini merupakan suatu sistem instrumen fotodinamik dengan aktivator medan elektromagnetik dari dua kumparan identik untuk fotoinaktivasi mikroba 20 patogen. Sistem instrumentasi fotodinamik dan medan elektromagnet serta aplikasinya untuk fotoinaktivasi mikroba patogen adalah seperangkat instrumen yang menghasilkan spektrum cahaya tampak dan medan elektromagnet, dapat diaplikasikan untuk fotoinaktivasi mikroba patogen. Sistem 25 instrumentasi fotodinamik dan medan elektromagnet ini terdiri dari kontroler sebagai pengendali keseluruhan kerja instrumen dan holder sampel hitam berisi mikrokontroler, rangkaian sumber cahaya polikromatik pada spektrum panjang gelombang tampak, dua kumparan identik sebagai sumber medan 30 elektromagnet, sensor temperatur dan kipas untuk menjaga temperatur tetap stabil selama penyinaran.

Kelayakan instrumen fotodinamik untuk inaktivasi mikroba telah dikalibrasi dan paling disukai penyinaran pada



spektrum cahaya tampak dan medan elektromagnet 1.8 mili Tesla yang homogen dan optimal membunuh mikroba pencemar air (*Escherichia coli* ATCC 25922). Aplikasi instrumen ini lebih luas dapat digunakan untuk sterilisasi pencemaran air minum oleh mikroba patogen.

Uraian Singkat Invensi

Tujuan dari invensi ini adalah menyediakan suatu sistem instrumen fotodinamik dilengkapi medan elektromagnet dan sistem kontroler untuk aplikasi fotoinaktivasi mikroba patogen

Suatu sistem instrumen fotodinamik dan medan elektromagnet serta aplikasinya untuk fotoinaktivasi mikroba patogen meliputi holder sampel hitam dengan spesifikasi yang terdiri dari:

kontroler mengendalikan seluruh rangkaian elektronik yang terhubung pada alat ini, berfungsi sebagai sistem pengaturan parameter homogenitas dan besarnya rapat daya penyinaran, besarnya arus pada kumparan yang akan menghasilkan medan elektromagnet, durasi lama waktu penyinaran dan pengendali kestabilan temperatur pada holder sampel hitam

medan elektromagnetik yang dihasilkan dari dua kumparan identik dari kawat tembaga diameter satu mm (hambatan jenis tembaga sebesar $1,72 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$) dengan diameter kumparan luar 13 cm, diameter kumparan dalam 6 cm, dan jumlah lilitan sebanyak 1000 lilitan. Hambatan masing-masing kumparan adalah 11 Ω yang diukur dengan menggunakan Multimeter Digital Fluke 17B+, karena kedua kumparan dipasang seri maka hambatan total dari kedua kumparan sebesar 22 Ω . Sedangkan sumber arus digunakan power supply DC dengan spesifikasi arus 0 - 0,5 A.

Suatu sistem instrumen fotodinamik dan medan elektromagnet dengan kontroler memiliki mekanisme kerja, saat



saklar instrumen mulai dihidupkan, maka tombol pengatur meminta data masukan daya, arus dan durasi waktu yang dikehendaki, selanjutnya rangkaian sumber cahaya, pengontrol waktu dan sensor temperatur mulai bekerja. Jika temperatur yang terdeteksi oleh sensor temperatur lebih besar dari 27°C, maka mikrokontroler akan mengontrol pengaktifan kipas, sedangkan jika temperatur kurang dari 27°C, maka mikrokontroler akan mengontrol kipas tetap diam. Ketika durasi waktu telah terpenuhi, maka pengontrol waktu, rangkaian sumber cahaya, medan elektromagnet dan sensor temperatur berhenti, dan selesai satu rangkaian penyinaran dengan dosis tertentu.

Suatu sistem instrumen fotodinamik dan medan elektromagnet serta aplikasinya untuk fotoinaktivasi mikroba patogen meliputi holder sampel hitam dengan medan elektromagnetik, memiliki mekanisme kerja, dimana saat saklar instrumen mulai dihidupkan, maka keypad meminta data masukan arus diantara dua kumparan yang akan menghasilkan medan elektromagnet. Besarnya medan elektromagnetik untuk mengaktifasi fotoinaktivasi mikroba patogen berdasarkan hasil penelitian lebih disukai pada kuat medan magnet 1,8 mili Tesla yang homogen dan optimal membunuh mikroba patogen.

Suatu sistem instrumen fotodinamik dan medan elektromagnet dengan kontroler terdiri dari mikrokontroler 8 bit berjenis AVR dengan 32 kanal masukan dan keluaran, frekuensi osilator sebesar 4 Mega Hertz, pengatur waktu internal (4), kanal keluaran PWM (4). Rangkaian pemvariasi daya arus konstan dengan tegangan keluaran maksimal 12 Volt dan arus 5 Ampere. Rangkaian pengendali sumber cahaya dengan tegangan keluaran 5 Volt dengan arus 2 Ampere. Rangkaian relay berjenis Single Pole - Double Throw (SPDT) dengan arus maksimum 2 Ampere pada tegangan 220 Volt AC dan 10 Ampere pada tegangan 12 Volt DC. Rangkaian penampil LCD 16 kolom dan 2 baris karakter. Tombol pengatur yang terdiri dari 6 tombol



dengan fungsi sebagai penunjuk arah atas, bawah, kanan, kiri, enter dan cancel. Sensor temperatur dengan area pengukuran antara -55°C hingga 150°C dengan keluaran linier sebesar 10 mili Volt/ $^{\circ}\text{C}$ dan akurasi sebesar 0.5°C . kipas dengan ukuran 4 cm x 4 cm, tegangan masukan sebesar 12 Volt dan arus 0.5 Ampere.

Uraian Singkat Gambar

10 Untuk memudahkan pemahaman mengenai inti invensi ini, selanjutnya diuraikan perwujudan invensi melalui gambar-gambar terlampir.

Gambar 1 adalah struktur sistem instrumentasi fotodinamik dengan medan elektromagnet.

15 Gambar 2 adalah diagram alur kerja instrumen fotodinamik dengan medan elektromagnet.

Gambar 3 adalah rangkaian kontroler dan *holder* sampel hitam sesuai dengan invensi ini.

20

Uraian Lengkap Invensi

Sebagaimana telah dikemukakan dalam latar belakang invensi bahwa spektrum cahaya dan dosis penyinaran memegang peran penting bagi keberhasilan fotoinaktivasi mikroba.

25 Penggunaan sumber cahaya dengan energi tinggi seperti sinar UV akan berbahaya untuk aplikasi fotoinaktivasi mikroba patogen pada kulit. Demikian juga penggunaan cahaya monokromatis daya tinggi seperti laser memiliki konsekuensi biaya yang mahal bagi pemakai.

30 Mengacu pada Gambar 1, struktur sistem instrumentasi fotodinamik dengan medan elektromagnet untuk aplikasi fotodinamik inaktivasi mikroba patogen, pada prinsipnya terdiri dari kontroler (1) dan *holder* (2) sampel hitam.

115



kontroler berfungsi mengendalikan seluruh rangkaian elektronik yang terhubung pada alat ini, berfungsi sebagai sistem pengaturan parameter homogenitas dan besarnya rapat daya penyinaran, besarnya arus pada kumparan yang akan menghasilkan medan elektromagnet, durasi lama waktu penyinaran dan pengendali kestabilan temperatur pada holder sampel hitam.

Mengacu pada Gambar 3, dalam kontroler terdapat mikrokontroler (1) yang berfungsi pengatur parameter homogenitas, daya penyinaran, kestabilan temperatur dan lama waktu penyinaran sumber cahaya, catu daya (2) yang berfungsi memberikan energi listrik dan membangkitkan beda potensial pada seluruh rangkaian. Tombol pengatur (3), berfungsi dalam proses pengaturan besaran daya, besaran intensitas sumber cahaya dan besaran waktu penyinaran. Rangkaian pengatur waktu (4), berfungsi untuk mencacah waktu sesuai durasi waktu yang telah ditentukan, penampil LCD (5), berfungsi untuk menampilkan besaran daya, durasi waktu penyinaran yang dikehendaki, serta temperatur yang terukur oleh sensor temperatur.

Holder sampel hitam dari akrilik berdimensi 29,5 x 33,5 x 30,5 cm yang dilengkapi dengan ; rangkaian sumber cahaya (1), merupakan rangkaian elektronik yang berfungsi untuk menyalakan sumber cahaya melalui pemberian beda potensial dari catu daya. sensor temperatur (2), berfungsi mendeteksi temperatur selama proses penyinaran berlangsung. Kipas angin (3), berfungsi untuk mengendalikan temperatur agar tetap konstan. Jika temperatur ruangan penyinaran $> 27^{\circ}\text{C}$, kipas akan menyala dan tetap diam, jika temperatur ruangan penyinaran $\leq 27^{\circ}\text{C}$. Dua kumparan (4) identik sebagai sumber medan elektromagnet dengan diameter luar 13 cm, diameter dalam 6 cm, dan jumlah lilitan sebanyak 1000 lilitan. Kumparan dibuat dari kawat tembaga dengan diameter satu mm dan hambatan jenis tembaga sebesar $1,72 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$. Hambatan



masing-masing kumparan adalah 11Ω yang diukur dengan menggunakan Multimeter Digital DT-860B, karena kedua kumparan dipasang seri maka hambatan total dari kedua kumparan sebesar 22Ω . Sedangkan sumber arus digunakan power supply DC dengan

5 spesifikasi arus $0 - 0,5 \text{ A}$.

Sebagaimana yang diungkapkan pada Gambar 2, saat saklar instrumen mulai dihidupkan, maka keypad meminta data masukan daya, arus dan durasi waktu yang dikehendaki, selanjutnya rangkaian LED, timer dan sensor temperatur mulai bekerja.

- 10 Jika temperatur yang terdeteksi oleh sensor temperatur lebih besar dari 27°C , maka mikrokontroler akan mengontrol pengaktifan kipas, sedangkan jika temperatur kurang dari 27°C maka mikrokontroler akan mengontrol kipas tetap diam. Ketika durasi waktu telah terpenuhi, maka timer rangkaian LED, 15 medan elektromagnet dan sensor temperatur berhenti, dan selesai satu rangkaian penyinaran dengan dosis tertentu.

Kelayakan instrumen fotodinamik untuk inaktivasi mikroba patogen telah dikalibrasi dan paling disukai penyinaran pada spektrum cahaya tampak dan medan elektromagnet 1.8 mili Tesla yang optimal membunuh mikroba pencemar air (*Escherichia coli* 20 ATCC 25922). Aplikasi instrumen ini lebih luas dapat digunakan untuk sterilisasi pencemaran air minum oleh mikroba patogen.

25



Klaim

1. Suatu sistem instrumen fotodinamik dan medan elektromagnet serta aplikasinya untuk fotoinaktivasi mikroba patogen meliputi holder sampel hitam dengan spesifikasi yang terdiri dari:
 - 5 kontroler berfungsi mengendalikan seluruh rangkaian elektronik yang terhubung pada alat ini, berfungsi sebagai sistem pengaturan parameter homogenitas dan besarnya rapat daya penyinaran, besarnya arus pada kumparan yang akan menghasilkan medan elektromagnet, durasi lama waktu penyinaran dan pengendali kestabilan temperatur pada holder sampel hitam
 - 10 medan elektromagnetik yang dihasilkan dari dua kumparan identik dengan diameter kumparan luar 13 cm, diameter kumparan dalam 6 cm, dan jumlah lilitan sebanyak 1000 lilitan. Hambatan masing-masing kumparan adalah 11 Ohm yang dipasang seri. Sedangkan sumber arus digunakan power supply DC dengan spesifikasi arus 0 - 0,5 Ampere.
 - 15
- 20 2. Sistem instrumen fotodinamik dan medan elektromagnet dengan kontroler serta aplikasinya untuk fotoinaktivasi mikroba patogen sesuai dengan klaim 1, saat saklar instrumen mulai dihidupkan, maka keypad meminta data masukan daya, arus dan durasi waktu yang dikehendaki,
 - 25 selanjutnya rangkaian sumber cahaya, pengontrol waktu dan sensor temperatur mulai bekerja. Jika temperatur yang terdeteksi oleh sensor temperatur lebih besar dari 27°C, maka mikrokontroler akan mengontrol pengaktifan kipas, sedangkan jika temperatur kurang dari 27°C maka mikrokontroler akan mengontrol kipas tetap diam. Ketika durasi waktu telah terpenuhi, maka pengontrol waktu, rangkaian sumber cahaya, medan elektromagnet dan sensor temperatur berhenti, dan selesai satu rangkaian penyinaran dengan dosis tertentu.
 - 30



3. Sistem instrumen fotodinamik dan medan elektromagnet serta aplikasinya untuk fotoinaktivasi mikroba patogen meliputi holder sampel hitam dengan medan elektromagnetik sesuai dengan klaim 1, dimana saat saklar instrumen mulai
5 dihidupkan, maka keypad meminta data masukan arus diantara dua kumparan yang akan menghasilkan medan elektromagnet. Besarnya medan elektromagnetik untuk mengaktifasi fotoinaktivasi mikroba patogen lebih disukai pada kuat medan magnet 1,8 mili Tesla yang homogen dan optimal
10 membunuh mikroba patogen.
4. Sistem instrumen fotodinamik dan medan elektromagnet dengan kontroler serta aplikasinya untuk fotoinaktivasi mikroba patogen sesuai dengan klaim 1, kontroler terdiri
15 dari mikrokontroler 8 bit berjenis AVR dengan 32 kanal masukan dan keluaran, frekuensi osilator sebesar 4 Mega Hertz, pengatur waktu internal (4), kanal keluaran PWM (4). Rangkaian pemvariasi daya arus konstan dengan tegangan keluaran maksimal 12 Volt dan arus 5 Ampere. Rangkaian
20 pengendali sumber cahaya dengan tegangan keluaran 5 Volt dengan arus 2 Ampere. Rangkaian relay berjenis Single Pole Double Throw (SPDT) dengan arus maksimum 2 Ampere pada tegangan 220 Volt AC dan 10 Ampere pada tegangan 12 Volt DC. Rangkaian penampil LCD 16 kolom dan 2 baris karakter.
25 Tombol pengatur yang terdiri dari 6 tombol dengan fungsi sebagai penunjuk arah atas, bawah, kanan, kiri, enter dan cancel. Sensor temperatur dengan area pengukuran antara -55°C hingga 150°C dengan keluaran linier sebesar 10 mili Volt/°C dan akurasi sebesar 0.5°C. kipas dengan ukuran 4 cm
30 x 4 cm, tegangan masukan sebesar 12 Volt dan arus 0.5 Ampere.
5. Sistem instrumen fotodinamik dan medan elektromagnet serta aplikasinya untuk fotoinaktivasi mikroba patogen meliputi



holder sampel hitam dengan medan elektromagnetik sesuai dengan klaim 1, dimana kumparan penghasil medan elektromagnetik terdiri dari dua kumparan identik dari kawat tembaga diameter satu mm hambatan jenis tembaga sebesar $1,72 \times 10^{-8}$ Ohm meter dengan diameter kumparan luar 13 cm, diameter kumparan dalam 6 cm, dan jumlah lilitan sebanyak 1000 lilitan. Hambatan masing-masing kumparan adalah 11 Ohm yang diukur dengan menggunakan Multimeter Digital Fluke 17B+, karena kedua kumparan dipasang seri maka hambatan total dari kedua kumparan sebesar 22 Ohm.

15

20

25

30

MS

Abstrak

**SISTEM INSTRUMENTASI FOTODINAMIK DENGAN AKTIVATOR MEDAN
ELEKTROMAGNET UNTUK APLIKASI FOTOINAKTIVASI
MIKROBA PATOGEN**

5

Invensi ini berhubungan dengan suatu sistem instrumentasi fotodinamik dengan aktivator medan elektromagnet untuk aplikasi fotoinaktivasi mikroba patogen. Lebih khusus, sistem tersebut dilengkapi kontroler untuk pengendali sumber cahaya dan besarnya kuat medan magnet. Sistem instrumentasi fotodinamik dan medan elektromagnet ini terdiri dari kontroler dan holder sampel hitam berisi mikrokontroler, rangkaian sumber cahaya polikromatik pada spektrum panjang gelombang tampak, dua kumparan identik sebagai sumber medan elektromagnet, sensor temperatur dan kipas. Kontroler berfungsi mengendalikan parameter homogenitas dan besarnya rapat daya penyinaran, besarnya arus pada kumparan yang akan menghasilkan medan elektromagnet, durasi lama waktu penyinaran dan pengendali kestabilan temperatur pada holder sampel hitam. Medan elektromagnetik dihasilkan dari dua kumparan identik dengan diameter kumparan luar 13 cm, diameter kumparan dalam 6 cm, dan jumlah lilitan sebanyak 1000 lilitan. Hambatan masing-masing kumparan adalah 11 Ohm yang dipasang seri. Kelayakan instrumen fotodinamik untuk inaktivasi mikroba telah dikalibrasi dan paling disukai penyinaran spektrum cahaya tampak dan medan elektromagnet 1.8 mili Tesla yang homogen dan optimal membunuh mikroba pencemar air (*Escherichia coli* ATCC 25922). Aplikasi instrumen ini lebih luas dapat digunakan untuk sterilisasi air minum yang tercemar oleh mikroba patogen.

10

15

20

25

30

MS

Gambar 3

