

IR - PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

**POTENSI PEMAPARAN LED INFRAMERAH DENGAN
MEDAN MAGNET SOLENOIDA UNTUK INAKTIVASI
BAKTERI *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* DAN *ESCHERICHIA
COLI***

SKRIPSI



ILMI ARIFAH

**PROGRAM STUDI S-1 FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

2022

IR - PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

**POTENSI PEMAPARAN LED INFRAMERAH DENGAN
MEDAN MAGNET SOLENOIDA UNTUK INAKTIVASI
BAKTERI *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* DAN *ESCHERICHIA
COLI***

SKRIPSI



ILMI ARIFAH

**PROGRAM STUDI S-1 FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

2022

i

**POTENSI PEMAPARAN LED INFRAMERAH DENGAN MEDAN
MAGNET SOLENOIDA UNTUK INAKTIVASI BAKTERI
STAPHYLOCOCCUS AUREUS DAN *ESCHERICHIA COLI***

SKRIPSI

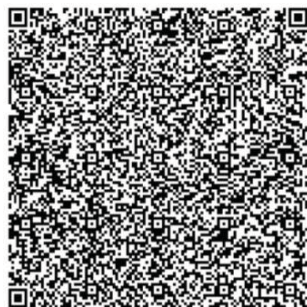
Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Fisika
pada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga

Ilmi Arifah

NIM: 081811333005

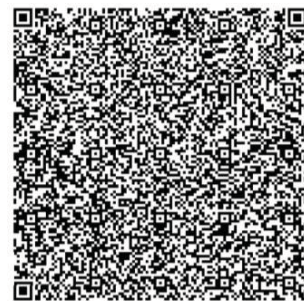
Disetujui oleh:

Pembimbing I



Prof. Dr. Suryani Dyah Astuti, S.Si, M.Si
NIP.196908041994122001

Pembimbing II



Samian, S.Si, M.Si
NIP.196706211998021001

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Potensi Pemaparan LED Inframerah Dengan Medan Magnet Solenoida Untuk Inaktivasi Bakteri *Staphylococcus aureus* Dan *Escherichia coli*

Penyusun : Ilmi Arifah

NIM : 081811333005

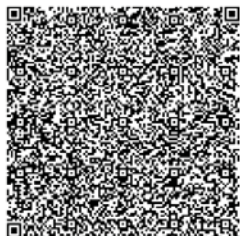
Pembimbing I : Prof. Dr. Suryani Dyah Astuti, S.Si, M.Si

Pembimbing II : Samian, S.Si., M.Si

Tanggal Seminar : 28 Juli 2022

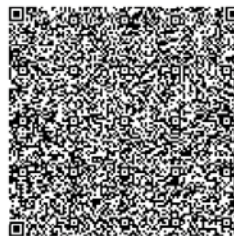
Disetujui oleh:

Pembimbing I



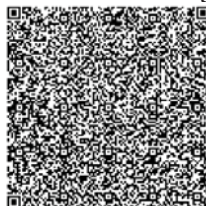
Prof. Dr. Suryani Dyah Astuti, S.Si, M.Si
NIP.196908041994122001

Pembimbing II



Samian, S.Si, M.Si
NIP.196706211998021001

Mengetahui,
Ketua Departemen Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga



Herri Trilaksana, S.Si, M.Si, Ph.D
NIP.197712282003121003

SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Ilmi Arifah
NIM : 081811333005
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jenjang : Sarjana (S1)

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan tindakan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul:

**POTENSI PEMAPARAN LED INFRAMERAH DENGAN MEDAN
MAGNET SOLENOIDA UNTUK INAKTIVASI BAKTERI
STAPHYLOCOCCUS AUREUS DAN *ESCHERICHIA COLI***

Apabila suatu saat nanti terbukti melakukan melakukan tindakan plagiasi, maka saya menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 8 Juli 2022



Ilmi Arifah
NIM. 081811333005

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga. Diperkenankan digunakan sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan harus dengan izin penulis serta menyebutkan sumber sesuai kaidah penulisan ilmiah.

Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga.

Ilmi Arifah, 081811333005, 2022, Potensi Pemaparan LED Inframerah dengan Medan Magnet Solenoida untuk Inaktivasi Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Skripsi ini di bawah bimbingan Prof. Dr. Suryani Dyah Astuti, M. Si dan Samian, S. Si., M. Si, Program Studi S1 Fisika, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian *Photodynamic Inactivation* (PDI) sebagai salah satu metode dari fotodinamik terapi yang mengkombinasi cahaya LED inframerah dengan rentang panjang gelombang 951-952 nm dan medan magnet solenoid sebesar 0-6 mT. Kombinasi antara keduanya dapat menyebabkan kerusakan biologis pada struktur target. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui potensi LED inframerah dengan medan magnet solenoid dalam mereduksi banyaknya bakteri gram positif *Staphylococcus aureus* dan bakteri gram negatif *Escherichia coli* pada proses sterilisasi alat kesehatan. Metode yang digunakan adalah penyinaran LED inframerah terhadap bakteri dengan penambahan medan magnet solenoid yang dibangkitkan oleh arus AC serta metode *Total Plate Count* untuk mengetahui penurunan viabilitas bakteri. Penelitian ini dilakukan dengan tiga perlakuan yakni LED inframerah, medan magnet solenoid serta kombinasi LED inframerah dan medan magnet solenoid. Analisa yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan analisa statistik *Anova Faktorial*. Berdasarkan hasil yang telah diperoleh, penyinaran selama 60 menit dengan dosis $0,593 \text{ J/cm}^2$ memberikan hasil bakteri terbanyak. Persentase kematian terbesar bakteri *Staphylococcus aureus* terjadi pada perlakuan kombinasi antara LED inframerah dan medan magnet solenoid yakni sebesar $(94,43 \pm 6,63)\%$, sedangkan persentase kematian terbesar pada bakteri *Escherichia coli* terjadi pada perlakuan kombinasi antara LED inframerah dan medan magnet solenoid yaitu sebesar $(72,47 \pm 5,06)\%$.

Kata kunci : *Escherichia coli*, Fotoinaktivasi, LED Inframerah, Medan Magnet Solenoid, *Staphylococcus aureus*.

Ilmi Arifah, 081811333005, 2022, Potential for Exposure of Infrared LED with Solenoid Magnetic Fields for Bacterial *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. This thesis is under the guidance of Prof. Dr. Suryani Dyah Astuti, M. Si dan Samian, S. Si., M. Si, S1 Physics Study Program, Department of Physics, Faculty of Sains and Technology, Airlangga University, Surabaya

ABSTRACT

Photodynamic Inactivation (PDI) research has been conducted as a method of photodynamic therapy that combines infrared LED with a wavelength of 951-952 nm and a solenoid magnetic field of 0-6 mT. That combination can cause biological damage to the target structure. This study aims to determine the potential of infrared LED with a solenoid magnetic field to reduce the number of gram positive bacteria *Staphylococcus aureus* and gram-negative bacteria *Escherichia coli* in the sterilization process of medical devices. The method used is infrared LED irradiation against bacteria with the addition of a solenoid magnetic field generated by AC current and the *Total Plate Count* method to determine the decrease in bacterial viability. This research was carried out with three treatments, namely infrared LED, solenoid magnetic fields and a combination of infrared LED and solenoid magnetic fields. The analysis used in this research is the statistical analysis of *factorial Anova*. Based on the results obtained, irradiation for 60 minutes with a dose of 0.593 J/cm² gave the highest bacterial yield. The largest percentage of *Staphylococcus aureus* deaths occurred in the combination treatment between infrared LED and solenoid magnetic field, which was $(94.43 \pm 6.63) \%$, while the largest percentage of deaths in *Escherichia coli* bacteria occurred in the combination treatment between infrared LED and solenoid magnetic field, namely $(72.47 \pm 5.06) \%$.

Keywords: *Escherichia coli*, *Infrared LED*, *Photoinactivation*, *Solenoid Magnetic Field*, *Staphylococcus aureus*.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan pemelihara semesta alam atas segala rahmat, hidayah-Nya, serta ridlo-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan naskah skripsi ini dengan judul **“Potensi Pemaparan LED Inframerah Dengan Aktivasi Medan Magnet Solenoida Untuk Fotoinaktivasi Bakteri *Staphylococcus Aureus* dan *Escherichia Coli*”**. Salawat serta salam tercurahkan kepada junjungan Rasulullah Muhammad SAW, beserta keluarga dan seluruh sahabatnya.

Skripsi ini disusun demi memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Skripsi. Setiap bab yang telah ditulis, disuse secara komprehensif untuk menentukan waktu serta dosis yang optimal dengan adanya variasi waktu menggunakan medan magnet solenoid sebagai inovasi dalam penelitian inaktivasi bakteri Gram Positif *Staphylococcus aureus* dan Gram Negatif *Escherichia coli*.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kategori sempurna. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan bagi penulis demi perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini memberikan manfaat serta keberkahan bagi semua pihak pembaca.

Surabaya, 26 Agustus 2021

Penyusun,

Ilmi Arifah

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah skripsi ini. terselesaikannya skripsi ini tentunya tidak terlepas karena dorongan dan cinta kasih dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta Bapak Abdul Hakim, Ibu Fitriyah dan saudari perempuan Dewi Almahdiyah serta seluruh keluarga besar yang senantiasa memberi dukungan, semangat serta doa untuk penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Moh. Yasin, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga Surabaya yang saya hormati dan banggakan.
3. Bapak Herri Trilaksana, S.Si, M.Si, Ph.D selaku Ketua Departemen Fisika yang telah menyetujui dan mengesahkan naskah skripsi ini.
4. Ibu Prof. Dr. Suryani Dyah Astuti S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing I atas segala bantuan, bimbingan, berbagai konsultasi yang telah dilakukan, semangat dan waktu yang telah diberikan demi tersusunnya naskah skripsi ini.
5. Bapak Samian, S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing II atas segala bantuan, bimbingan, berbagai konsultasi yang telah dilakukan dan dukungannya dalam penyusunan naskah ini.
6. Bapak Winarno, S.Si., M.T selaku dosen penguji I atas saran dan solusi yang diberikan kepada penulis untuk kelanjutan penelitian ini.
7. Ibu Prof. Retna Apsari, M.Si selaku dosen penguji II atas saran dan bantuan yang diberikan kepada penulis dalam penelitian ini.
8. Mbah KH. Adlan Ali, Bapak dan Ibu Guru Yayasan Perguruan Mu'allimat yang selalu memberikan serta mengirimkan doa untuk kelancaran santri-santrinya dalam mencari ilmu dan yang menjadikan dasar keilmuan khususnya ilmu agama untuk penulis.

9. Bapak dan Ibu Dosen Universitas Airlangga yang telah memberikan ilmu pengetahuan, wawasan yang luas serta keikhlasan mendidiknya kepada penulis hingga menyelesaikan pendidikan tinggi ini.
10. Teman terbaik saya yang selalu memberikan hiburan, semangat, motivasi serta inspirasi dan paling utama yang selalu memberikan doa terbaiknya untuk saya dari masa Aliyah yakni Novia Indi Suhasti dan Azminatul Alfay Rohmah.
11. Teman-teman prodi fisika Universitas Airlangga angkatan 2018, Kakak-kakak tingkat prodi fisika, laboran Laboratorium Fisika Medis dan Biofisika, dan seluruh keluarga besar Universitas Airlangga untuk kebersamaan, persaudaraan dan pertolongan yang selama ini telah terjalin.
12. Rindu, Arsita, Nike, dan Cindy teman seperjuangan sekaligus teman sejurusan yang selalu memberikan semangat, dukungan dan bantuan kepada penulis.
13. *Photodynamic therapy team* (Nike, Mar'atus, Cindy, Arszyl, dan Haidar) yang selalu bekerja sama dan saling membantu dalam penyelesaian skripsi hingga penelitian selesai.
14. Semua Pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini serta memberikan masukan dan pengalaman berharga yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

DAFTAR ISI

HALAMAN COVER.....	i
HALAMAN SAMPUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI.....	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	iv
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR	viii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.5.1 Manfaat Teoritis	6
1.5.2 Manfaat Praktis	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Sterilisasi	7
2.2 Photodynamic Therapy	8

2.2.1	Fotosensitizer	9
2.2.2	Sumber Cahaya LED Inframerah.....	10
2.2.3	Mekanisme Fotosensitisasi	13
2.3	Medan Magnet	16
2.3.1	Medan Magnet Solenoida	20
2.3.2	Pengaruh Medan Magnet Pada Fotoinaktivasi Bakteri.....	20
2.4	Bakteri Gram Positif dan Bakteri Gram Negatif.....	21
2.4.1	Bakteri Gram Positif <i>Staphylococcus aureus</i>	22
2.4.2	Bakteri Gram Negatif <i>Escherichia coli</i>	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		26
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	26
3.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	26
3.2.1	Alat Penelitian.....	26
3.2.2	Bahan Penelitian.....	28
3.3	Rancangan Penelitian.....	28
3.4	Variabel Penelitian.....	29
3.5	Prosedur Penelitian	31
3.5.1	Alur Penelitian	31
3.5.2	Langkah-langkah Penelitian.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		40
4.1	Hasil Uji Karakterisasi Daya LED Inframerah	40
4.1.1	Karakterisasi Daya Pada Ruang Sampel	40
4.1.2	Karakterisasi Daya Terhadap Waktu	42
4.2	Hasil Perhitungan Nilai Intensitas dan Dosis Energi LED Inframerah ..	43
4.3	Hasil Uji Karakterisasi Kuat Medan Magnet Solenoid.....	44

4.3.1	Karakterisasi Kuat Medan Magnet Solenoid Pada Ruang Sampel .	44
4.3.2	Karakterisasi Kuat Medan Magnet Solenoid Terhadap Waktu.....	47
4.4	Hasil Uji Karakterisasi Temperatur	48
4.5	Hasil Uji Standar Mc Furland dan Standar Pengenceran Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> dan <i>Escherichia coli</i>	49
4.6	Hasil Treatment Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	50
4.7	Hasil Treatment Bakteri <i>Escherichia coli</i>	54
4.8	Pembahasan.....	57
BAB V PENUTUP.....		64
5.1	Kesimpulan	64
5.2	Saran	64
DAFTAR PUSTAKA		66

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Halaman
4.1	Tabel distribusi daya pada ruang sampel	40
4.2	Tabel kesimpulan hasil uji beda daya pada ruang sampel	42
4.3	Nilai Intensitas dan Dosis Energi LED Inframerah	44
4.4	Tabel distribusi kuat medan magnet solenoid pada ruang sampel	46
4.5	Tabel kesimpulan hasil uji beda medan magnet solenoid	46
4.6	Tabel kesimpulan hasil uji statistik pada bakteri <i>S. aureus</i>	53
4.7	Tabel kesimpulan hasil uji statistik pada bakteri <i>E. coli</i>	56

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul	Halaman
2.1	Skema Proses Terapi Fotodinamik	9
2.2	Cara Kerja Bagian Dalam LED	12
2.3	Mekanisme Fotosensitisasi	13
2.4	Diagram Jablonski Tahap Fotofisika Pada Terapi Fotodinamik	15
2.5	Tahap Fotokimia Pada Mekanisme Fotosensitisasi	16
2.6	Tahap Fotobiologi Pada Mekanisme Fotosensitisasi	16
2.7	Garis-Garis Medan Magnet di Luar Magnet Batang	17
2.8	Solenoid Dengan Banyak Lilitan	20
2.9	Representasi Struktur Biologis Bakteri Gram Positif dan Negatif	22
2.10	Bakteri Gram Positif <i>Staphylococcus aureus</i>	23
2.11	Struktur Dinding Sel Bakteri Gram Positif	23
2.12	Bakteri Gram Negatif <i>Escherichia coli</i>	24
2.13	Struktur Dinding Sel Bakteri Gram Negatif	25
3.1	Alat Untuk Treatment Terapi Fotodinamik	26
3.2	Deskripsi Peletakan Sampel dalam Alat Terapi	27
3.3	Ilustrasi Kelompok Perlakuan dalam Penelitian	27
3.4	Skema Pembagian Kelompok Perlakuan Sampel	30
3.5	Alur Penelitian	31
3.6	Alur Proses Karakterisasi Temperatur	33
3.7	Skema Karakterisasi Daya Cahaya LED	33
3.8	Skema Posisi Scan Karakterisasi Intensitas Cahaya LED	34
3.9	Skema Posisi Scan Karakterisasi Kuat Medan Magnet Solenoid	35

4.1	Skema Matriks Pengukuran Daya LED pada Area Sampel	41
4.2	Blok Data Daya LED untuk Uji Beda	42
4.3	Karakterisasi Daya LED Inframerah Terhadap Waktu	43
4.4	Skema Matriks Pengukuran Medan Magnet pada Area Sampel	45
4.5	Blok Data Kuat Medan Magnet untuk Uji Beda	46
4.6	Karakterisasi Kuat Medan Magnet Solenoid Terhadap Waktu	47
4.7	Karakterisasi Temperatur Penyinaran Terhadap Waktu	48
4.8	Grafik Hubungan Log CFU/ml dan OD pada bakteri <i>S. aureus</i>	49
4.9	Grafik Hubungan Log CFU/ml dan OD pada bakteri <i>E. coli</i>	50
4.10	Grafik Penurunan Jumlah Koloni pada Bakteri <i>S. aureus</i>	51
4.11	Grafik Persentase Kematian Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	53
4.12	Grafik Penurunan Jumlah Koloni pada Bakteri <i>E. coli</i>	54
4.13	Grafik Persentase Kematian Bakteri <i>Escherichia coli</i>	56
4.14	Rangkaian Medan Magnet Solenoid dengan Aliran Arus AC	59
4.15	Mekanisme Treatment terhadap Reduksi Struktur Biologis Bakteri	61

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Karakterisasi Daya LED Inframerah	70
Lampiran 2.	Karakterisasi Besar Kuat Medan Magnet Solenoid	73
Lampiran 3.	Nilai Intensitas dan Dosis Energi LED Inframerah	76
Lampiran 4.	Karakterisasi Temperatur terhadap Waktu	77
Lampiran 5.	Hasil Uji Standar Mc Furland dan Standar Pengenceran	79
Lampiran 6.	Data Hasil Treatment pada Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	82
Lampiran 7.	Data Hasil Treatment pada Bakteri <i>Escherichia coli</i>	84
Lampiran 8.	Uji Beda <i>T Test</i> pada Daya LED Inframerah	86
Lampiran 9.	Uji Beda <i>T Test</i> pada Kuat Medan Magnet Solenoid	87
Lampiran 10.	Uji <i>Two Way Anova</i> Faktorial pada Bakteri <i>S. aureus</i>	88
Lampiran 11.	Uji Statistik <i>Two Way Anova</i> Faktorial pada Bakteri <i>E. coli</i>	93
Lampiran 12.	Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian	97