

**OPTIMASI LED INFRAMERAH DENGAN AKTIVASI
MEDAN MAGNET PERMANEN UNTUK INAKTIVASI
BAKTERI *ESCHERICHIA COLI* DAN *STAPHYLOCOCCUS
AUREUS***

SKRIPSI



NIKE ARNI NAZIROH

**PROGRAM STUDI S1 FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

2022

**OPTIMASI LED INFRAMERAH DENGAN AKTIVASI
MEDAN MAGNET PERMANEN UNTUK INAKTIVASI
BAKTERI *ESCHERICHIA COLI* DAN *STAPHYLOCOCCUS
AUREUS***

SKRIPSI



NIKE ARNI NAZIROH

**PROGRAM STUDI S1 FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

2022

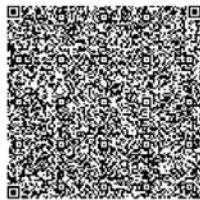
**OPTIMASI LED INFRAMERAH DENGAN AKTIVASI
MEDAN MAGNET PERMANEN UNTUK INAKTIVASI
BAKTERI *ESCHERICHIA COLI* DAN *STAPHYLOCOCCUS
AUREUS***

SKRIPSI

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

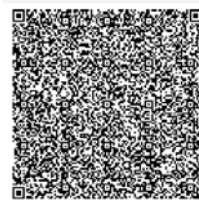
Nike Arni Naziroh
NIM : 081811333003
Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I



Prof. Dr. Suryani Dyah Astuti, S.Si, M.Si
NIP. 19690804 1994122001

Dosen Pembimbing II



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

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Optimasi LED Inframerah dengan Aktivasi Medan Magnet
Permanen Untuk Inaktivasi Bakteri *Escherichia Coli* dan
Staphylococcus Aureus

Penyusun : Nike Arni Naziroh

NIM : 081811333003

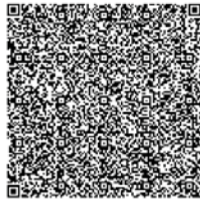
Pembimbing I : Prof. Dr. Suryani Dyah Astuti, S.Si, M.Si

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

Tanggal Seminar : 28 Agustus 2022

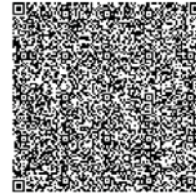
Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I



Prof. Dr. Suryani Dyah Astuti, S.Si, M.Si
NIP. 19690804 1994122001

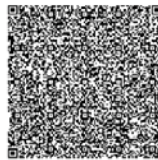
Dosen Pembimbing II



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

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

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

Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga.

SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya:

Nama : Nike Arni Naziroh

NIM : 081811333003

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Jenjang : Sarjana (S1)

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

Optimasi LED Inframerah dengan Aktivasi Medan Magnet Permanen Untuk Inaktivasi Bakteri *Escherichia Coli* dan *Staphylococcus Aureus*

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 28 Juli 2022
Yang membuat
pernyataan,



Nike Arni Naziroh
NIM. 081811333003

Nike Arni Naziroh, 2022, Optimasi LED Inframerah dengan Aktivasi Medan Magnet Permanen Untuk Inaktivasi Bakteri *Escherichia Coli* dan *Staphylococcus Aureus*. Skripsi ini dibawah 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* sebagai salah satu metode untuk menginaktivasi bakteri dengan mengkombinasikan cahaya LED inframerah dalam rentang 949 nm - 964 nm dengan medan magnet permanen dalam rentang 30 - 50 mT. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi kombinasi LED inframerah dengan medan magnet permanen untuk mereduksi bakteri gram positif *Staphylococcus aureus* dan gram negatif *Escherichia Coli* serta menentukan waktu penyinaran yang optimal. Metode yang digunakan yaitu penyinaran LED inframerah, medan magnet permanen, kombinasi medan magnet dan LED inframerah, serta variasi lama waktu penyinaran 30 menit, 40 menit, 50 menit, dan 60 menit. Perhitungan jumlah koloni dilakukan dengan menggunakan teknik *Total Plate Count* (TPC) dan dianalisis menggunakan uji anova faktorial. Dari hasil uji anova menunjukkan bahwa terdapat beda makna antara kelompok perlakuan medan magnet permanen, kelompok LED inframerah, dan kelompok kombinasi antara medan magnet permanen dengan LED inframerah. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh lama waktu yang maksimal untuk menginaktivasi bakteri yaitu 60 menit yang mampu mereduksi bakteri *Staphylococcus aureus* sebesar 63,52 % dan bakteri *Escherichia Coli* sebesar 58,89 % pada perlakuan kombinasi antara medan magnet permanen dengan LED inframerah.

Kata kunci : *Escherichia Coli*, Fotoinaktivasi, LED inframerah, Medan magnet permanen, *Staphylococcus aureus*.

Nike Arni Naziroh, 2022, Optimizing LED Infrared with Permanent Magnetic Field For Inactivation Escherichia Coli and Staphylococcus Aureus Bacteria. This thesis is under the guidance of Prof. Dr. Suryani Dyah Astuti, M.Si and Samian, S.Si, M.Si, S1 Physics Study Program, Departmen of Physics, Faculty of Science and Technology, Airlangga University, Surabaya.

ABSTRACT

Photodynamic Inactivation research has been conducted as a method to inactivate bacteria by combining infrared LED within the range 949 nm – 964 nm light with a 30 – 50 mT permanent magnetic field . This study aims to determine the potential of the combination of infrared LEDs with activation of a permanent magnetic field to reduce gram-positive *Staphylococcus aureus* and gram-negative *Escherichia Coli* and determine the optimal irradiation time. The method used is infrared LED irradiation, permanent magnetic field, and infrared LED with permanent magnetic field and variations in irradiation time of 30 minutes, 40 minutes, 50 minutes, and 60 minutes. The number of colonies was calculated using the *Total Plate Count* (TPC) technique and analyzed using the factorial ANOVA test. From the results of the ANOVA test, it shows that there is a difference in meaning between the permanent magnetic field treatment group, the infrared LED group, and the combination group between the permanent magnetic field and infrared LED. Based on the results of the study, the maximum length of time to inactivate bacteria was 60 minutes which was able to reduce *Staphylococcus aureus* bacteria by 63.52% and *Escherichia Coli* bacteria by 58.89% in the combination treatment of permanent magnetic fields with infrared LEDs.

Key words : *Escherichia Coli*, Photoinactivation, infrared LED, Permanent magnetic field, *Staphylococcus aureus*.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Optimasi LED Inframerah dengan Aktivasi Medan Magnet Permanen Untuk Inaktivasi Bakteri *Escherichia Coli* dan *Staphylococcus Aureus*”**. Sholawat dan salam tercurah kepada Rasulullah SAW, beserta keluarga serta seluruh sahabatnya.

Skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi syarat kelulusan mata kuliah skripsi. Dalam penulisan proposal ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan proposal skripsi, khususnya kepada:

1. Bapak Herri Trilaksana, S. Si, M. Si. Ph. D. selaku Kepala Departemen Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.
2. Ibu Prof. Dr. Suryani Dyah Astuti, M.Si selaku dosen pembimbing I.
3. Bapak Samian, S. Si., M. Si. Selaku dosen pembimbing II.
4. Bapak Winarno, S. Si., M. T. Dan bapak Drs. Pujiyanto, M. S. Selaku dosen penguji skripsi.
5. Bapak dan Ibu dosen Universitas Airlangga yang banyak memberikan ilmu yang bermanfaat untuk penulis selama menjadi mahasiswa.
6. Kedua orang tua dan keluarga besar yang senantiasa memberi dukungan, semangat dan doa untuk penulis.
7. Teman-teman di prodi Fisika Universitas Airlangga angkatan 2018, dan kakak tingkat di KBK Fisika Medis dan Biofisika yang telah memberikan pertolongan, semangat dan motivasi.
8. Ilmi, Cindy, Maratus, Haidar, Arszyl selaku teman satu tim riset PDT yang telah membantu.

9. Shella, dan Anisa selaku teman seperjuangan yang telah memberi pertolongan, semangat, dan dukungan kepada penulis.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan proposal skripsi ini jauh dari kata sempurna. Untuk itu, kami sangat terbuka atas kritik dan saran positif bagi Bapak/Ibu sekalian. Dan penulis berharap supaya proposal skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan Bapak/Ibu sekalian. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih.

Surabaya, 27 Juli 2022

Penyusun

Nike Arni Naziroh

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Photodynamic Inactivation (PDI)	6
2.1.1 Fotosensitizer	7
2.1.2 Sumber Cahaya LED Inframerah	8
2.1.3 Interaksi Cahaya Dengan Materi	10
2.1.4 Mekanisme Fotosensitasi.....	12
2.2 Medan Magnet	14
2.3 Bakteri Gram Negatif <i>Escherichia Coli</i>	18
2.4 Bakteri Gram Positif <i>Staphylococcus Aureus</i>	19
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	21
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	21
3.2.1 Alat Penelitian	21
3.2.2 Bahan Penelitian.....	21

3.3. Rancangan Penelitian.....	22
3.4. Prosedur Penelitian	23
3.4.1 Tahap Persiapan	24
3.4.1.1 Medan Magnet dan Karakterisasi Alat.....	24
3.4.1.2 Karakterisasi LED	25
3.4.1.3 Pembuatan Diagram Standard MC Furland	26
3.4.1.4 Pengkulturan Bakteri.....	27
3.4.2 Treatment	28
3.4.3 Platting dan Inkubasi	29
3.4.4 Analisis.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1. Hasil Uji Karakterisasi Medan Magnet	30
4.2. Hasil Uji Karakterisasi LED Inframerah	33
4.3. Hasil Perhitungan Intensitas	36
4.4. Hasil Karakterisasi Temperatur	36
4.5. Hasil Uji Standar Mc Furland dan Standar Pengenceran	37
4.6. Hasil Treatment Bakteri <i>Staphylococcus Aureus</i>	39
4.7. Hasil Treatment Bakteri <i>Escherichia Coli</i>	42
4.8. Pembahasan	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
5.1. Kesimpulan	51
5.2. Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	57

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Gambar	Halaman
4.1	Kuat medan magnet yang terpilih sebagai ruang sampel	30
4.2	Hasil uji t dua sampel bebas kuat medan magnet	31
4.3	Kuat medan magnet pada tempat sampel	32
4.4	Hasil uji t dua sampel bebas kuat medan magnet pada tempat sampel	32
4.5	Daya yang dipilih sebagai tempat sampel	34
4.6	Hasil uji t dua sampel bebas daya pada tempat sampel	35
4.7	Nilai intensitas dan rapat energi pada LED Inframerah	36
4.8	Tabel hasil analisis statistik pada bakteri Staphlococcus Aureus	42
4.9	Tabel hasil analisis statistik pada bakteri Escherichia Coli	45

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	Skema proses fotodinamik inaktivasi	7
2.2	Berkas LED Inframerah	10
2.3	Pemetaan interaksi cahaya terhadap jaringan	11
2.4	Diagram Jablonski jalur fotofisika	13
2.5	Proses fotokimia	14
2.6	Garis – garis gaya magnet	15
2.7	Ilustrasi bahan feromagnetik, paramagnetic, dan diamagnetic	16
2.8	Struktur dinding sel bakteri gram negatif	18
2.9	Bakteri <i>Escherichia Coli</i>	19
2.10	Struktur dinding sel bakteri gram positif	19
2.11	Bakteri <i>Staphylococcus Aureus</i>	20
3.1	Skema alat	21
3.2	Skema definisi operasional variabel	23
3.3	Diagram Alir Penelitian	24
3.4	Skema posisi medan magnet	25
3.5	Skema posisi ruang sampel	26
3.6	sketsa arah medan magnet permanen dan LED inframerah pada setiap perlakuan	28
4.1	Posisi ruang sampel	30
4.2	Posisi tempat sampel	31
4.3	Posisi karakterisasi kuat medan magnet terhadap waktu	33
4.4	Hasil karakterisasi kuat medan magnet terhadap waktu	33
4.5	Posisi tempat sampel pada papan skala	34
4.6	Posisi karakterisasi daya LED terhadap waktu	35
4.7	Karakterisasi daya terhadap waktu	35
4.8	Karakterisasi suhu terhadap waktu	37
4.9	Hasil standar Mc furland pada Bakteri <i>S. Aureus</i>	38

4.10	Hasil standar Mc furland pada Bakteri <i>Escherichia Coli</i>	39
4.11	Penurunan viabilitas Bakteri <i>Staphlococcus Aureus</i>	40
4.12	Perbandingan persentase reduksi Bakteri <i>S. Aureus</i>	41
4.13	Penurunan viabilitas Bakteri <i>Escherichia Coli</i>	43
4.14	Perbandingan persentase reduksi bakteri <i>E. Coli</i>	44
4.15	Struktur dinding sel bakteri	48
4.16	Mekanisme Inaktivasi bakteri	49

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul Gambar	Halaman
1	Hasil karakterisasi medan magnet	57
2	Hasil karakterisasi LED inframerah	60
3	Perhitungan nilai intensitas	63
4	Hasil uji Mc furland pada bakteri <i>S. Aureus</i> dan <i>E. Coli</i>	64
5	Hasil treatment pada bakteri <i>Sstapphylococcus Aureus</i>	67
6	Hasil treatment pada bakteri <i>Escherichia Coli</i>	70
7	Hasil uji beda t dua sampel bebas kuat medan magnet pada ruang sampel	73
8	Hasil uji beda t dua sampel bebas kuat medan magnet	74
9	Hasil uji beda t dua sampel bebas pada LED inframerah	75
10	Hasil uji two way anova faktorial pada bakteri <i>Staphylococcus Aureus</i>	76
11	Hasil uji two way anova faktorial pada bakteri <i>Escherichia Coli</i>	80
12	Foto kegiatan pada saat melakukan treatment	84