

IR-PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

**EFEK PAPARAN LASER DIODA MERAH DENGAN OZON
UNTUK INAKTIVASI BAKTERI BIOFILM**

Staphylococcus aureus

SKRIPSI



AULIA HAIDAR RAHMAN NUGRAHA

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

2022

IR-PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

**EFEK PAPARAN LASER DIODA MERAH DENGAN OZON
UNTUK INAKTIVASI BAKTERI BIOFILM
*Staphylococcus aureus***

SKRIPSI



AULIA HAIDAR RAHMAN NUGRAHA

**PROGRAM STUDI S1 FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
2022**

**EFEK PAPARAN LASER DIODA MERAH DENGAN OZON
UNTUK INAKTIVASI BIOFILM BAKTERI**
Staphylococcus aureus

SKRIPSI

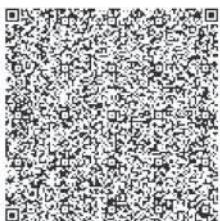
Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Fisika
pada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga

Aulia Haidar Rahman Nugraha

NIM: 081811333054

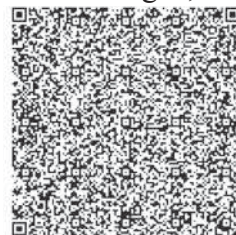
Disetujui oleh:

Pembimbing I,



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

Pembimbing II,



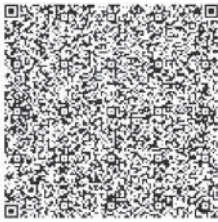
Prof. H. Hery Purnobasuki, M.Si., Ph.D.
NIP. 196705071991021001

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Efek Paparan Laser Dioda Merah dengan Ozon untuk
Inaktivasi Bakteri Biofilm *Staphylococcus aureus*.
Penyusun : Aulia Haidar Rahman Nugraha
NIM : 081811333054
Pembimbing I : Prof. Dr. Suryani Dyah Astuti, S.Si., M.Si.
Pembimbing II : Prof. H. Hery Purnobasuki, M.Si., Ph.D.
Tanggal Seminar : 5-09-2022 10:40 AM

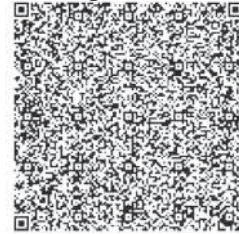
Disetujui

Pembimbing I,



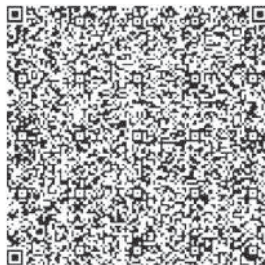
Prof. Dr. Suryani Dyah Astuti, S.Si., M.Si.
NIP. 196908041994122001

Pembimbing II,



Prof. H. Hery Purnobasuki, M.Si., Ph.D.
NIP. 196705071991021001

Mengetahui,
Ketua Departemen Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga



Herri Trilaksana, 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

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aulia Haidar Rahman Nugraha

NIM : 081811333054

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Fakultas : Sarjana (S1)

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

Efek Paparan Laser Dioda Merah dengan Ozon untuk Inaktivasi Bakteri Biofilm *Staphylococcus aureus*.

Apabila dikemudian hari terbukti melakukan tindakan plagiat, maka saya menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 21 Juli 2022

Yang membuat pernyataan,



Aulia Haidar Rahman N

NIM. 081811333054

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan judul **“Efek Paparan Laser Dioda Merah dengan Ozon untuk Inaktivasi Bakteri Biofilm *Staphylococcus aureus*”**. Sholawat dan salam tercurah kepada rasulullah Muhammad SAW, beserta keluarga serta seluruh sahabatnya.

Skripsi ini disusun demi memenuhi syarat untuk mengambil mata kuliah Skripsi. Dalam penulisan skripsi ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi, khususnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Suryani Dyah Astuti, M.Si selaku dosen pembimbing I proposal skripsi.
2. Bapak Prof. Hery Purnobasuki, M.Si, Ph.D. selaku dosen pembimbing II proposal skripsi.
3. Bapak Herri Trilaksana, S.Si, M.Si, Ph.D selaku Kepala Departemen Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.
4. Bapak dan Ibu dosen Universitas Airlangga yang banyak memberikan ilmu yang bermanfaat untuk penulis selama menjadi mahasiswa.
5. Kedua orang tua dan keluarga besar yang senantiasa memberi dukungan, semangat, dan doa untuk penulis.
6. Teman-teman prodi Fisika Universitas Airlangga angkatan 2018, dan kakak tingkat KBK Fisika Medis dan Biofisika yang telah memberikan pertolongan, semangat, dan motivasi.
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kami sangat terbuka atas kritik dan saran positif bagi Bapak/Ibu

sekalian. Dan penulis berharap supaya skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan Bapak/Ibu sekalian. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih.

Surabaya, 21 Juli 2022

Penyusun



Aulia Haidar Rahman Nugraha

Aulia Haidar Rahman Nugraha, 2022, Efek Paparan Laser Dioda Merah dengan Ozon untuk Inaktivasi Bakteri Biofilm *Staphylococcus aureus*. Skripsi ini dibawah Prof. Dr. Suryani Dyah Astuti, S.Si., M.Si. dan Prof. Dr. Hery Purnobasuki, M.Si., P.hD., Program Studi S1 Fisika, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, Surabaya.

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian *Photodynamic Inactivation* (PDI) menggunakan laser dioda merah dengan kombinasi ozon pada fotosensitizer endogen bakteri biofilm *Staphylococcus aureus* untuk meningkatkan produksi oksigen reaktif yang menimbulkan kerusakan biologis bakteri. Studi ini bertujuan untuk mempelajari potensial laser dioda merah dengan penambahan ozon untuk mengurangi biofilm bakteri gram positif *S. aureus* yang menyebabkan penyakit infeksi di rumah sakit. Metode yang digunakan adalah penyinaran dengan laser dioda merah, pemaparan ozon, dan kombinasi laser dengan ozon. Total Plate Count (TPC) digunakan untuk mengetahui jumlah koloni sehingga bisa mengkonversi nilai OD koloni tersebut menjadi CFU/ml dan perhitungan nilai OD dilakukan menggunakan alat ELISA reader. Hasil uji menunjukkan penyinaran dengan laser dioda merah selama 40 detik dengan rapat energi $9,87 \text{ J/cm}^2$ ditambah pemaparan ozon secara maksimal mampu untuk mereduksi biofilm bakteri *S. Aureus* sebesar 94,33%. Sedangkan pada perlakuan hanya laser biofilm bakteri mampu tereduksi sebesar 76,38 % dan pemaparan ozon mampu mereduksi sebesar 64,44%.

Kata kunci: Fotoinaktivasi, Laser Dioda, *Staphylococcus aureus*, Biofilm.

Aulia Haidar Rahman Nugraha, 2022, Photodynamic Effectiveness of Red Laser Diode Combined with Ozone to Reduce *Staphylococcus aureus* Biofilm.
This thesis is under the guidance of Prof. Dr. Suryani Dyah Astuti, M. Si dan Prof. Dr. Hery Purnobasuki, M.Si., P.hD, S1 Physics Study Program, Department of Physics, Faculty of Sains and Technology, Airlangga University, Surabaya

ABSTRACT

Research has been done *Photodynamic Inactivation* (PDI) using red diode laser combined with ozone on endogen photosensitizer for *Staphylococcus aureus* biofilm bacteria to increase to production of reactive oxygen that cause biological damage on the bacteria. The goal of this research is to study the red diode laser potential with ozone to reduce *S. aureus* positive gram bacteri which is the one of the cause for nosocomial infection,. Method that will be used on this research is red diode laser irradiation, ozone exposure, and ozone lazer combination. Total Plate Count (TPC) is used to count the total of bacteria colony so that we can convert OD value of the colony into CFU/ml and the calculation of OD value is done by using ELISA reader. The experiment results showed red diode laser irradiation for 40 seconds with energy density of 9,87 J/cm² with ozone exposure can maximally reduce *S.aureus* bacteria biofilm with a death percentage of 94,33%. Meanwhile with laser irradiation only the bacteria death percentage is 76,38% and only ozone exposure is able to give a death percentage of 64,44%.

Kata kunci: Fotoinaktivasi, Laser Dioda, *Staphylococcus aureus*, Biofilm

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI.....	iv
SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Masalah	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	2
2.1 Sterilisasi	2
2.2 Photodynamic Inactivation	8
2.2.1 Fotosensitiser Endogen (Porfirin).....	9
2.2.2 Sumber Cahaya.....	10
2.2.3 Interaksi Cahaya Terhadap Jaringan.....	13
2.2.4 Mekanisme Fotosensitisasi	15
2.3 Ozon	18
2.3.2 Mekanisme Ozon Merusak Mikroorganisme	21
2.4 Bakteri	22
2.4.1 Bakteri Staphylococcus Aureus.....	23
2.4.3 Biofilm.....	24
2.4.3.1 Mekanisme Pembentukan Biofilm	26
BAB III	29
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	29

3.2 Alat dan Bahan	29
3.2.1 Alat Penelitian	29
3.2.2 Bahan Penelitian	29
3.3 Rancangan Penelitian	30
3.4 Definisi Operasional Variabel	32
3.4.1 Waktu Paparan.....	32
3.4.2 Optical Density	32
3.4.3 Jumlah Koloni Bakteri.....	32
3.4.4 Kultur Bakteri	32
3.4.5 Medium TSA	33
3.5 Prosedur Penelitian	33
3.5.1 Tahap Persiapan.....	34
3.5.1.1 Karakterisasi Laser Dioda Merah	34
3.5.1.2. Pembuatan Diagram Standar McFarland.....	36
3.4.1.3 Pengkulturan Bakteri dalam Mikropate	37
3.5.2 Treatment.....	38
3.5.3 Analisis Statistik	38
3.5.4. Analisis	39
BAB IV	30
4.1 Hasil Penelitian.....	30
4.1.1 Karakterisasi Sumber Cahaya.....	30
4.1.2 Konsentrasi sumber ozon.....	43
4.1.3 Hasil Uji Standar Mc Farland dan Standar Pengenceran Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	43
4.1.4 Hasil Analisis Perlakuan Biofilm Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	44
4.2 Pembahasan	47
BAB V	53
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA.....	54
LAMPIRAN	60

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	Komponen Biofilm	25
4.1	Rapat Energi Keluaran Laser Dioda	42
4.2	Konsentrasi Ozon	43
4.3	Tabel Hasil Analisis Statistik	46
4.4	Penelitian fotodinamik inaktivasi bakteri <i>S. aureus</i>	50

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	Diagram Jablonski	9
2.2	Bahan Pembentukan Laser	10
2.3	Sifat Cahaya Laser	11
2.4	Pemetaan Interaksi Cahaya dengan Jaringan	15
2.5	Jalur fotokimia	17
2.6	Dinding sel bakteri	18
2.7	Pembentukan ozon proses tumbukan	20
2.8	Prinsip alat pembangkit ozon	20
2.9	Ilustrasi pembentukan ozon secara parsial	21
2.10	Struktur dinding sel bakteri gram positif	23
2.11	Siklus biofilm	28
3.1	Skema Definisi Operasional Variabel	31
3.2	Diagram alir penelitian	32
3.3	Skema Tahap Perlakuan	33
3.4	Skema karakterisasi temperatur	34
3.5	Skema karakterisasi intensitas cahaya laser	34
4.1	Karakterisasi Panjang Gelombang Laser Dioda	40
4.2	Karakterisasi Intensitas terhadap Waktu	41
4.3	Karakterisasi Temperatur terhadap Waktu	42
4.4	Kurva McFarland	43
4.5	Penurunan Viabilitas Biofilm Bakteri <i>S. aureus</i>	44

4.6	Perbandingan Presentase Reduksi	45
4.7	Ilustrasi Mekanisme Pertumbuhan Biofilm	47
4.8	Ilustrasi Mekanisme Inaktivasi pada Treatment	48
4.9	Perbandingan Dinding Sel Jenis Bakteri	49