

**PENGARUH PEMAPARAN SINAR LED BIRU TERHADAP  
PERTUMBUHAN BAKTERI *Lysteria monocytogeneses*, pH,  
ORGANOLEPTIK DAN VITAMIN C PADA JUS APEL**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**LENNY TRIASTUTI**  
**NIM. 18640040**



**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2022**

**HALAMAN PENGANTAR**

**PENGARUH PEMAPARAN SINAR LED BIRU TERHADAP  
PERTUMBUHAN BAKTERI *Lysteria monocytogeneses*, pH,  
ORGANOLEPTIK DAN VITAMIN C PADA JUS APEL**

**SKRIPSI**

**Diajukan kepada:**

**Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:**

**Lenny Triastuti  
NIM. 18640040**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2022**

## HALAMAN PERSETUJUAN

PENGARUH *BLUE LIGHT EMITTING DIODE* (LED BIRU) TERHADAP  
PERTUMBUHAN BAKTERI *Listeria monocytogenes*, pH, ORGANOLEPTIK  
DAN VITAMIN C PADA JUS APEL

SKRIPSI

Oleh:

Lenny Triastuti

NIM. 18640040

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji  
Pada tanggal, 23 Mei 2022

Menyetujui,

Pembimbing I



Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes  
NIP.19750808 199903 1 003

Pembimbing II



Dr. Erna Hastuti, M.Si  
NIP. 1981111 920080 1 2009

Mengetahui,  
Ketua Program Studi



Dr. Imam Tazi, M.Si  
NIP. 19740730 2003121 1 002

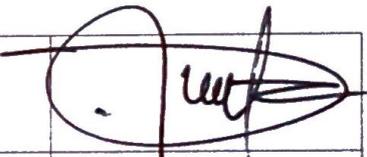
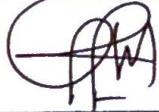
## HALAMAN PENGESAHAN

### PENGARUH PEMAPARAN SINAR LED BIRU TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI *Lysteria monocytogeneses*, pH, ORGANOLEPTIK DAN VITAMIN C PADA JUS APEL

#### SKRIPSI

Oleh:  
Lenny Triastuti  
NIM. 18640040

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan  
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
tanggal, 20 Juni 2022

Ketua :	Dr. H. Mokhamad Tirono, M.Si NIP.19641211 199111 1 001	
Anggota 1 :	Dr. Imam Tazi, M.Si NIP.19740730 200312 1 002	
Pembimbing I :	Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd.,M.Kes NIP.19750808 199903 1 003	
Pembimbing II :	Dr. Erna Hastuti, M.Si NIP.19811119 200801 2 009	

Mengetahui,  
Ketua Program Studi

  
  
Dr. Imam Tazi, M.Si  
NIP. 19740730 2003121 1 002

## HALAMAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Lenny Triastuti  
NIM : 18640040  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Penelitian : Pengaruh *Blue Light Emitting Diode* (Led Biru) Terhadap  
Pertumbuhan Bakteri *Listeria Monocytogeneses*, Ph,  
Organoleptik dan Vitamin C pada Jus Apel

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak ada unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutip dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 10 Juni 2022

Yang Membuat Pernyataan



Lenny Triastuti  
NIM. 18640040

## **MOTTO**

*“Well done is better than well said”*

*“Kemaslah mimpimu sesederhana mungkin agar lebih mudah menggapainya”*

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Dengan mengucap rasa syukur Alhamdulillah

Skripsi ini ku persembahkan untuk :

1. Diriku sendiri, untuk semangatnya yang tiada henti sehingga dapat menyelesaikan studi ini hingga lulus.
2. Bapak Dasiran Isranto dan Ibu Rini Yaumi, untuk kasih sayang yang tak terhingga, semangat, motivasi dan pelukan yang hangat, serta doa yang tiada henti. Sehingga saya dapat menjalani dan melewati segala rintangan dalam kehidupan.
3. Mas Ferry, untuk motivasi dan arahnya mengenai hal apapun, serta doanya untuk saya.
4. Mbak Ary, Mbak Nikki serta keluarga besar, untuk segala motivasi dan semangatnya selama ini.
5. Mas David, Geng Meow serta sahabatku yang lain, untuk bantuan dan semangatnya selama ini.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta kasih sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik. Sholawat serta salam penulis panjatkan kepada Rasulullah SAW yang telah menuntun manusia dari zaman kegelapan hingga zaman terang-benderang. Skripsi yang telah penulis susun berjudul **“Pengaruh Sinar LED Biru Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Listeria monocytogenes*, pH, Organoleptik dan Vitamin C Pada Jus Apel”**

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan tersusun dengan baik tanpa adanya dukungan dan bantuan dari pihak-pihak yang terkait. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik. Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada :

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, MA selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Imam Tazi, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd.,M.Kes selaku dosen pembimbing yang telah membantu dan membimbing dengan baik dalam proses penyelesaian proposal skripsi ini.
5. Seluruh dosen Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mendidik dan membimbing dengan baik.
6. Teristimewa Bapak, Ibu dan Kakak – kakak saya yang telah mendukung sepenuhnya serta limpahan kasih sayang yang tak terhingga.
7. Teman-teman fisika angkatan 2018 yang telah membantu dan memberi dukungan dalam penulisan proposal skripsi ini.
8. Serta semua pihak yang telah membantu dalam menyusun proposal skripsi ini yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT membalas semua bantuan dengan kebaikan yang berlimpah baik di dunia maupun di akhirat. Penulis berharap semoga laporan skripsi ini sedikit banyak memberi manfaat bagi pembaca dan penulis terutama dibidang biofisika. Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat konstruktif agar tulisan ini menjadi lebih baik lagi.

Malang, 24 Oktober 2021

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>ABSTRAK</b> .....	xvi
<b>ABSTRACT</b> .....	xvii
<b>مستخلص البحث</b> .....	xviii
<b>BAB I</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Manfaat .....	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
<b>BAB II</b> .....	7
2.1 Gelombang Elektromagnetik .....	7
2.1.1 Definisi Gelombang Elektromagnetik.....	7
2.1.2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik.....	8
2.1.3 Ciri - ciri Gelombang Elektromagnetik .....	9
2.1.4 Mekanisme Perambatan Gelombang Elektromagnetik.....	9
2.1.5 Cahaya Tampak.....	11
2.1.6 <i>Light Emitting Diode (LED)</i> .....	12
2.1.7 LED Biru.....	13
2.1.8 Energi yang Dibawa oleh Gelombang Elektromagnetik.....	14
2.2 Apel .....	15
2.3 Bakteri .....	16
2.3.1 Definisi Bakteri .....	16
2.3.2 Struktur Bakteri.....	18
2.3.4 Kerusakan Membran Sel .....	22
2.4 Bakteri <i>Listeria monocytogeneses</i> .....	23
2.4.1 Klasifikasi Bakteri <i>Listeria monocytogeneses</i> .....	23
2.4.2 Karakteristik dan Morfologi Bakteri <i>Listeria monocytogeneses</i> .....	23
2.4.3 Penyakit yang Disebabkan Bakteri <i>Listeria monocytogeneses</i> .....	24
2.5 Interaksi Radiasi Elektromagnetik dengan Bahan .....	25
2.6 Interaksi Sel Bakteri Terhadap Cahaya.....	25
<b>BAB III</b> .....	29

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	29
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	29
3.2.1 Alat – alat .....	29
3.2.2 Bahan – bahan .....	30
3.3 Desain Percobaan .....	31
3.4 Prosedur Penelitian.....	32
3.4.1 Sterilisasi .....	32
3.4.2 Pembuatan Media NA ( <i>Nutrien Agar</i> ) .....	32
3.4.3 Pembuatan Media NB ( <i>Nutrien Broth</i> ) .....	33
3.4.4 Pembuatan Media PCA ( <i>Plate Count Agar</i> ) .....	33
3.4.5 Penumbuhan Bakteri <i>Lysteria monocytogeneses</i> .....	33
3.4.6 Penumbuhan Bakteri <i>Lysteria monocytogeneses</i> pada Sampel .....	33
3.4.7 Perlakuan Pemaparan Sinar LED Biru.....	33
3.4.8 Perhitungan Koloni Bakteri.....	34
3.4.9 Pengujian Kadar pH .....	35
3.4.10 Penilaian Organoleptik (Warna dan aroma).....	35
3.4.11 Pengujian Kadar Vitamin C .....	36
3.5 Teknik Pengambilan Data .....	37
3.5.1 Jumlah Bakteri <i>Lysteria monocytogeneses</i> .....	37
3.5.3 Penilaian Organoleptik (warna dan aroma).....	38
3.6 Teknik Analisis Data.....	40
3.6.1 Analisis Pengaruh Intensitas dan Lama Pemaparan Sinar LED Biru Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Lysteria monocytogeneses</i> .....	41
3.6.2 Analisis Pengaruh Intensitas dan Lama Pemaparan Sinar LED Biru terhadap Nilai pH Jus Apel .....	41
3.6.3 Analisis Pengaruh Intensitas dan Lama Pemaparan Sinar LED Biru Terhadap Organoleptik Jus Apel.....	41
3.6.7 Analisis Pengaruh Intensitas dan Lama Pemaparan Sinar LED Biru Terhadap Kadar Vitamin C Jus Apel .....	41
3.7 Diagram Alir Penelitian .....	42
<b>BAB IV</b> .....	43
4.1 Hasil Penelitian .....	43
4.2 Data Hasil Pengamatan .....	43
4.2.1 Pengaruh Intensitas dan Lama Pemaparan Sinar LED Biru terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Lysteria monocytogeneses</i> pada Jus Apel .....	43
4.2.2 Pengaruh Intensitas dan Lama Pemaparan Sinar LED Biru terhadap Nilai pH pada Jus Apel .....	48
4.1.3 Pengaruh Intensitas dan Lama Pemaparan Sinar LED Biru Terhadap Organoleptik Pada Jus Apel .....	54
4.1.4 Pengaruh Intensitas dan Lama Pemaparan Sinar LED Biru Terhadap Kadar Vitamin C Pada Jus Apel.....	59
4.3 Pembahasan.....	66

4.3.1 Pengaruh Intensitas dan Lama Pemaparan Sinar LED Biru Terhadap Jumlah Bakteri <i>Listeria monocytogeneses</i> pada Jus Apel .....	66
4.3.2 Pengaruh Intensitas dan Lama Pemaparan Sinar LED Biru Terhadap Nilai pH Jus Apel .....	69
4.3.3 Pengaruh Intensitas dan Lama Pemaparan Sinar LED Biru terhadap Organoleptik Jus Apel.....	71
4.3.4 Pengaruh Intensitas dan Lama Pemaparan Sinar LED Biru Terhadap Vitamin C pada Jus Apel.....	73
4.4 Kajian Integrasi Islam .....	74
<b>BAB V</b> .....	79
5.1 Kesimpulan .....	79
5.2 Saran.....	80
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	81
<b>LAMPIRAN</b> .....	84

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perambatan gelombang elektromagnetik (Harefa, 2011).....	7
Gambar 2. 2 Refleksi (pemantulan) Gelombang Elektromagnetik (Harefa, 2011) .....	10
Gambar 2. 3 Bakteri <i>Listeria monocytogeneses</i> (CDC, 2021).....	23
Gambar 2. 4 Diagram level energi fotokimia (S. D. Astuti et al., 2011). ....	26
Gambar 2. 5 Mekanisme $S_0$ adalah keadaan ground state $S_1..S_n$ adalah keadaan triplet ditandai spin elektron tidak berpasangan: Tingkat Vibrasi ditunjukkan oleh garis horizontal, transisi non radiatif oleh panah bergelombang. yang terdiri atas VR, IC, ISC (S. D. Astuti et al., 2011) .....	27
Gambar 3. 1 Desain Rangkaian Perlakuan Bakteri <i>Listeria monocytogeneses</i> ...	31
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian .....	42
Gambar 4. 1(a) Grafik Pengaruh intensitas terhadap presentase penurunan jumlah koloni bakteri <i>Listeria monocytogeneses</i> pada jus apel (b) Grafik Pengaruh lama pemaparan terhadap presentase penurunan jumlah koloni bakteri <i>Listeria monocytogeneses</i> pada jus apel.....	46
Gambar 4. 2(a) Grafik pengaruh intensitas Blue Light Emitting Diode (LED Biru) terhadap pH jus apel (b) Grafik pengaruh intensitas Blue Light Emitting Diode (LED Biru) terhadap pH jus apel.....	50
Gambar 4. 3(a) Grafik pengaruh intensitas Blue Light Emitting Diode (LED Biru) terhadap aroma jus apel (b) Grafik pengaruh paparan Blue Light Emitting Diode (LED Biru) terhadap aroma jus apel.....	58
Gambar 4. 4 Panjang Gelombang Kurva Standar Uji Vitamin C .....	60
Gambar 4. 5 Hasil Regresi dari Nilai Konsentrasi dan Absorbansi Vitamin C ...	60
Gambar 4. 6 (a)Pengaruh Intensitas Blue Light Emitting Diode (LED Biru) Terhadap Kadar Vitamin C Jus Apel (b) Pengaruh Lama Pemaparan Blue Light Emitting Diode (LED Biru) Terhadap Kadar Vitamin C Jus Apel .....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spektrum Gelombang Elektromagnetik (Harefa, 2011). .....	9
Tabel 2. 2 Spektrum Warna Cahaya Tampak (Handoko & Fajariyanti, 2011).....	12
Tabel 3. 1 Pengolahan Data Jumlah Bakteri .....	37
Tabel 3. 2 Pengolahan Data Kadar pH.....	38
Tabel 3. 3 Pengolahan Data Warna.....	39
Tabel 3. 4 Pengolahan Data Aroma .....	39
Tabel 4. 1 Data Hasil Penurunan Bakteri <i>Listeria monocytogenes</i> Setelah Dipapari Sinar LED Biru .....	44
Tabel 4. 2 Hasil Analisis Faktorial Pada Jumlah Koloni Bakteri <i>Listeria monocytogenes</i> .....	47
Tabel 4. 3 Hasil Uji DMRT 5% Intensitas Pada Jumlah Koloni Bakteri <i>Listeria monocytogenes</i> .....	48
Tabel 4. 4 Data Kadar pH Jus Apel Setelah Dipapari Sinar LED Biru .....	49
Tabel 4. 5 Hasil Percobaan Faktorial Kadar pH Pada Jus Apel .....	52
Tabel 4. 6 Hasil Uji DMRT 5% Intensitas Terhadap Kadar pH pada Jus Apel....	53
Tabel 4. 7 Hasil Uji DMRT 5% Lama Pemaparan Terhadap Kadar pH pada Jus Apel .....	53
Tabel 4. 8 Hasil Uji DMRT 5% Interaksi Intensitas dan Lama Pemaparan Pada Kadar pH Pada Jus Apel .....	54
Tabel 4. 9 Data Warna Jus Apel Setelah Dipapari Sinar LED Biru .....	55
Tabel 4. 10 Data Aroma Jus Apel Setelah Dipapari Sinar LED Biru .....	57
Tabel 4. 11 Hasil Uji <i>Kurskal Wallis</i> Pada Aroma Jus Apel .....	59
Tabel 4. 12 Nilai Konsentrasi dan Absorbansi Vitamin C.....	60
Tabel 4. 13 Data Kadar Vitamin C Jus Apel Setelah Dipapari Sinar LED Biru..	61
Tabel 4. 14 Hasil Analisis Faktorial Kadar Vitamin C Pada Jus Apel .....	64
Tabel 4. 15 Hasil Uji DMRT 5% Pengaruh Intensitas Terhadap Vitamin C Pada Jus Apel .....	65
Tabel 4. 16 Hasil Uji DMRT 5% Pengaruh Lama Pemaparan Terhadap Vitamin C Pada Jus Apel.....	65
Tabel 4. 17 Hasil Uji DMRT 5% Interaksi Intensitas dengan Lama Pemaparan Kadar Vitamin C Pada Jus Apel .....	65

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Penelitian .....	84
Lampiran 2 Dokumentasi Penelitian.....	95

## ABSTRAK

Triastuti, Lenny. 2022. **Pengaruh Pemaparan Sinar LED Biru Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Lysteria monocytogeneses* pH, Organoleptik dan Vitamin C Pada Jus Apel.** Skripsi. Jurusan Fisika. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Dosen Pembimbing : (I) Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd.,M.Kes (II) Dr. Erna Hastuti, M.Si

---

Kata Kunci: *Lysteria monocytogeneses*, LED biru, Intensitas, pH, Organoleptik, Vitamin C, Jus Apel

Apel sering dikonsumsi oleh masyarakat baik dalam bentuk buah maupun dalam bentuk minuman karena mengandung banyak nutrisi yang baik bagi tubuh. Namun buah apel dapat terkontaminasi oleh bakteri patogen yaitu bakteri *Lysteria monocytogeneses* yang akan menyebabkan timbulnya penyakit listeriosis. Pemaparan LED biru terhadap jus buah apel dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemaparan sinar LED biru terhadap pertumbuhan bakteri *Lysteria monocytogeneses*, pH, organoleptik (warna dan aroma) dan vitamin C pada jus apel. Metode ini dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial. Perlakuan intensitas sinar LED biru yang diberikan yaitu  $0 \text{ mW/cm}^2$ ,  $50 \text{ mW/cm}^2$ ,  $75 \text{ mW/cm}^2$  dan  $100 \text{ mW/cm}^2$  dengan lama pemaparan 30 menit, 40 menit, 50 menit dan 60 menit dan jumlah pengulangan 3 kali. Hasil terbaik dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen dalam jus apel terdapat pada perlakuan pemaparan intensitas  $100 \text{ mW/cm}^2$  dengan lama pemaparan 60 menit yang menghasilkan penurunan jumlah koloni bakteri sebesar  $68 \times 10^7 \text{ CFU/mL}$ , kadar pH sebesar 5,9 dan vitamin C sebesar 0,008 mg/ml. Hasil terbaik pada uji organoleptik warna dan aroma yaitu pada perlakuan tanpa adanya pemaparan.

## ABSTRACT

Triastuti, Lenny. 2022. **Effect of Blue LED Light Exposure on the Growth of *Lysteria monocytogenes* pH Bacteria, Organoleptics and Vitamin C on Apple Juice.** Thesis. Department of Physics. Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Supervisor: (I) Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd.,M.Kes (II) Dr. Erna Hastuti, M.Si

---

Keywords: *Lysteria monocytogenes*, Blue LED, Intensity, pH, Organoleptic, Vitamin C, Apple Juice

Apples are often consumed by the public both in the form of fruit and in the form of drinks because they contain many nutrients that are good for the body. However, apples can be contaminated by pathogenic bacteria, namely listeria monocytogenes bacteria which will cause the onset of listeriosis. Exposure of blue LEDs to apple juice can inhibit the growth of these pathogenic bacteria. This study aims to determine the effect of exposure to blue LED light on the growth of Listeria monocytogenes bacteria, pH, organoleptics (color and aroma) and vitamin C in apple juice. This method is performed using a Factorial Complete Randomized Design (RAL). The blue LED light intensity treatment given was 0 mW/cm<sup>2</sup>, 50 mW/cm<sup>2</sup>, 75 mW/cm<sup>2</sup> and 100 mW/cm<sup>2</sup> with an exposure duration of 30 minutes, 40 minutes, 50 minutes and 60 minutes and the number of repetitions 3 times. The best results in inhibiting the growth of pathogenic bacteria in apple juice were found in the exposure treatment with an intensity of 100 mW / cm<sup>2</sup> with an exposure duration of 60 minutes which resulted in a decrease in the number of bacterial colonies by  $68 \times 10^7$  CFU / mL, pH levels of 5.9 and vitamin C by 0.008 mg / ml. The best results in organoleptic tests of color and aroma are in the treatment without exposure.

## مستخلص البحث

ترياستوتي، ليني. ٢٠٢٢. تأثير التعرض لضوء LED الأزرق على نمو بكتيريا الأس الهيدروجيني *Lysteria monocytogenes* والحجاميات وفيتامين C على عصير التفاح. المشرفة الأولى : أغوس موليونو، الماجستير؛ المشرفة الثانية : إرنا هاشتوتي، الماجستير.

الكلمات الرئيسية: *Lysteria monocytogenes*, LED الأزرق، كثافة، درجة الحموضة، الحسية، فيتامين C، عصير التفاح.

غالبا ما يستهلك الجمهور التفاح في شكل فاكهة وفي شكل مشروبات لأنها تحتوي على العديد من العناصر الغذائية المفيدة للجسم. ومع ذلك ، يمكن أن يكون التفاح ملوثا بالبكتيريا المسببة للأمراض ، وهي بكتيريا *Lysteria monocytogenes* التي تسبب ظهور داء الليستريات. يمكن أن يؤدي تعرض مصابيح LED الزرقاء إلى عصير التفاح إلى تثبيط نمو هذه البكتيريا المسببة للأمراض. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد تأثير التعرض لضوء LED الأزرق على نمو بكتيريا *Lysteria monocytogenes* ودرجة الحموضة والحجامات (اللون والرائحة) وفيتامين C في عصير التفاح. يتم تنفيذ هذه الطريقة باستخدام تصميم عشوائي كامل عامل (RAL) كانت معالجة شدة ضوء LED الأزرق المعطاة  $0 \text{ mW/cm}^2$  و  $50 \text{ mW/cm}^2$  و  $75 \text{ mW/cm}^2$  و  $100 \text{ mW/cm}^2$  مع مدة التعرض 30 دقيقة و 40 دقيقة و 50 دقيقة و 60 دقيقة وعدد التكرار ثلاث مرات. تم العثور على أفضل النتائج في تثبيط نمو البكتيريا المسببة للأمراض في عصير التفاح في علاج التعرض بكثافة  $100 \text{ mW/cm}^2$  مع مدة التعرض لمدة 60 دقيقة مما أدى إلى انخفاض في عدد المستعمرات البكتيرية بنسبة  $68 \times 10^7 \text{ CFU/mL}$ ، ومستويات الأس الهيدروجيني من 5.9 وفيتامين C من  $0.008 \text{ mg/mL}$ . أفضل النتائج في الاختبارات الحسية للون والرائحة هي في العلاج دون تعرض.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan jumlah penduduk yang cukup besar, sehingga kebutuhan panganpun sangat diperhatikan. Selain makanan pokok, minuman olahan yang dikemas juga termasuk minuman yang sering dikonsumsi masyarakat Indonesia mulai dari anak – anak hingga usia dewasa. Seiring dengan perkembangan industri minuman, saat ini banyak produk minuman yang beredar di masyarakat contohnya adalah jus apel. Apel merupakan buah yang sering dikonsumsi oleh masyarakat, karena didalam buah apel mengandung banyak nutrisi yang baik bagi manusia. Indonesia merupakan daerah tropis, namun masih terdapat buah impor yang masuk ke pasaran seperti jeruk santang dari Tiongkok, jeruk *sunkist* dari Australia, stroberi dari Amerika Serikat, hingga apel dari Amerika Serikat (Lestari et al., 2018).

Diketahui bahwa buah apel dapat terkontaminasi oleh bakteri patogen yaitu *Lysteria monocytogeneses*. Infeksi bakteri *Lysteria monocytogeneses* dapat menyebabkan timbulnya penyakit Listeriosis (septikimia dan meningitis). Bakteri ini tersebar luas di alam, tahan terhadap panas, terhadap pendinginan, pH rendah, kadar NaCl yang tinggi (28% w/v), juga kadar air yang rendah namun akan mati pada suhu 75%, sehingga buah apel yang dikonsumsi secara segar memiliki resiko terinfeksi bakteri *Lysteria monocytogeneses* karena dikonsumsi secara siap saji (Karneli, 2015).

Berdasarkan data dari keracunan pangan yang didapat dari *Center of Disease Control* (CDC) Amerika Serikat pada tahun 2014 menunjukkan bahwa terdapat 3 orang dari 32 pasien di 11 negara bagian Amerika Serikat meninggal dunia diantaranya adalah wanita hamil, 1 janin meninggal, dan 3 orang anak – anak berusia 5 – 15 tahun mengalami komplikasi meningitis dikarenakan mengkonsumsi buah apel jenis *Granny smith* dan *Gala* yang diduga terkontaminasi bakteri tersebut. Berdasarkan data tersebut diperkirakan terdapat 1600 kasus dengan 260 kasus kematian yang diakibatkan oleh listeriosis setiap tahun di Amerika Serikat (Karneli, 2015).

Pangan pada umumnya bersifat mudah rusak (*perishable*), sebab kadar air yang terdapat didalamnya merupakan faktor utama penyebab kerusakan pangan itu sendiri. Apabila kadar air didalam pangan itu semakin tinggi, maka akan semakin besar kemungkinan kerusakannya dikarenakan aktivitas biologis internal (metabolisme) maupun masuknya mikroba perusak (Rahmawati, 2011). Karena pada hakikatnya, Allah SWT memerintahkan makhluk ciptaanya untuk memakan atau meminum makanan yang halal dan baik untuk dikonsumsi. Kriteria yang dapat digunakan untuk menentukan apakah makanan atau minuman tersebut masih baik atau layak dikonsumsi adalah makanan yang tidak rusak. Seperti layaknya buah apel yang mengandung banyak air, maka terdapat kemungkinan untuk terjadi kerusakan atau pembusukan yang disebabkan oleh bakteri. Sebab makanan tersebut harus bebas polusi pada setiap tahap produksi dan penanganan makanan, bebas dari perubahan – perubahan kimia dan fisik, bebas mikroba dan parasit yang dapat menyebabkan penyakit atau pembusukan. Selain itu mengkonsumsi makanan

yang halal dan baik juga merupakan bentuk rasa syukur atas nikmat dari Allah SWT. Allah berfirman dalam surah An – Nahl ayat 114 :

فَكُلُوا مِمَّا رَزَقَكُمُ اللَّهُ حَلَالًا طَيِّبًا وَاشْكُرُوا نِعْمَتَ اللَّهِ إِنَّ كُذُومًا لِيَاءَهُ تَعْبُدُونَ

Artinya: “Maka makanlah yang halal lagi baik dari rezeki yang telah diberikan Allah kepadamu; dan syukurilah nikmat Allah, jika kamu hanya kepada-Nya saja menyembah.” (QS. An – Nahl (114) : 16).

Menurut tafsir Al – Azhar yang ditulis oleh Buya Hamka ayat diatas menjelaskan bahwa Allah memerintahkan kepada hambanya untuk memakan makanan yang halal dan baik. Berdasarkan tafsir tersebut makanan yang baik yaitu yang diterima selera dan tidak menjijikkan. Pada ayat diatas terdapat kata (حَلَالًا) yang berarti halal adalah makanan yang diizinkan dikonsumsi menurut aturan hukum islam baik oleh Al-Qur’an maupun hadist. Sedangkan kata (طَيِّبًا) yang berarti baik, lebih dari itu baik tidak sekedar sesuai selera tetapi juga baik bagi kesehatan dan memberikan manfaat bagi manusia (Hamka, 2015). Namun, makanan atau minuman yang seharusnya memberikan manfaat bagi manusia juga dapat memberikan dampak negatif apabila kita tidak mampu menjaga kebersihan makanan ataupun minuman yang kita konsumsi. Contohnya adalah makanan atau minuman yang terkontaminasi bakteri, bakteri merupakan sumber penyakit yang apabila dikonsumsi terus menerus akan membahayakan tubuh manusia.

Pencegahan kontaminasi pada makanan ataupun minuman tergantung pada teknik pengolahan yang digunakan pada suatu produk tertentu. Jenis – jenis teknik pengolahan dan pengawetan makanan dan minuman antara lain dengan pendinginan, pengeringan, pengalengan, penggunaan bahan kimia dan pemanasan. Seiring dengan kemajuan teknologi manusia yang semakin sibuk tidak akan mungkin mengolah makanan dengan bahan alami dalam keadaan segar dan diolah

sendiri. Maka dari itu, minuman yang telah diolah di pabrik atau telah diawetkan banyak dikonsumsi dan dimanfaatkan bagi masyarakat, bahan pengawet yang sering terdapat dalam minuman kemasan antara lain asam benzoat yang dikonsumsi dalam jumlah besar dapat menyebabkan iritasi pada lambung (Rahmawati, 2011). Oleh karena itu hal ini menjadi alasan untuk menemukan alternatif pengawetan pada minuman tanpa menggunakan bahan pengawet dan tidak berbahaya bagi tubuh.

Beberapa bakteri dapat mengakumulasi peka terhadap cahaya yang dapat menekan pertumbuhan bakteri. Telah diketahui bahwa penyinaran dengan spektrum gelombang elektromagnetik dapat menyebabkan fotoinaktivasi bakteri yang mengalami reaksi fotofisika berupa interaksi cahaya dengan molekul pada proses absorpsi foton dan diikuti dengan eksitasi elektron, reaksi fotokimia dengan perubahan energi dan struktur elektron sebagai akibat dari eksitasi elektron, dan reaksi fotobiologi yang melibatkan perubahan sel organisme akibat interaksi cahaya. Mekanisme fotoinaktivasi bakteri melibatkan proses sensitisasi, yaitu proses penyerapan reaksi kimia yang menghasilkan berbagai spesies oksigen reaktif (J. Astuti et al., 2015).

Berdasarkan penelitian oleh Astuti (2015), didapatkan pengaruh pemaparan LED inframerah pada aktivasi bakteri *Bacillus subtilis* dengan variasi jarak 1,5 cm, 2 cm dan 3 cm serta variasi waktu 5 menit, 10 menit, 15 menit dan 20 menit serta dengan panjang gelombang 950 nm. Efek pemaparan yang paling efektif adalah pada jarak 1,5 cm pada waktu 15 menit yang menghasilkan presentase kematian sebesar 53%. Penelitian oleh Astuti., dkk (2011) dengan menggunakan bakteri

*Staphylococcus aureus* yang dipapari oleh LED Biru, didapatkan hasil inaktivasi sebesar 75%.

Sedangkan penelitian yang menggunakan sampel berupa mikroba pada sari buah yaitu penelitian Yuniarta (2015) yang menggunakan perbandingan level lampu 30 dan 60 watt dan lama penyinaran 30, 40, 50, 60 menit. Data dianalisis menggunakan analisis terhadap mikroba dengan lama penyinaran lampu UV-C berpengaruh nyata mikroba dan warna sari buah. Perlakuan terbaik diperoleh pada perlakuan daya lampu 60 watt dengan lama penyinaran lampu 50 menit.

Penelitian diatas menyatakan bahwa diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai inaktivasi bakteri pada jus buah menggunakan cahaya tampak (LED) dengan spektrum cahaya yang telah disesuaikan, dengan variasi intensitas dan lama pemaparan dan juga dilakukan pengujian pH serta analisis organoleptik untuk mengetahui kualitas jus sesudah diberi perlakuan. Pengujian tersebut dilakukan untuk mengurangi bakteri patogen pada minuman sari buah yang dikonsumsi dengan metode yang aman bagi kesehatan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru terhadap pertumbuhan bakteri *Listeria monocytogeneses* pada jus apel?
2. Bagaimana pengaruh intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru terhadap pH jus apel?
3. Bagaimana pengaruh intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru terhadap organoleptik pada jus apel?
4. Bagaimana pengaruh intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru terhadap kandungan vitamin C pada jus apel?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui pengaruh intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru terhadap pertumbuhan bakteri *Listeria monocytogeneses* pada jus apel.
2. Untuk mengetahui pengaruh intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru terhadap pH jus apel.
3. Untuk mengetahui pengaruh intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru terhadap organoleptik pada jus apel.
4. Untuk mengetahui pengaruh intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru terhadap kandungan vitamin C pada jus apel.

### **1.4 Manfaat**

1. Mengembangkan hasil analisis dari penelitian sebelumnya tentang optimasi sinar LED biru untuk inaktivasi bakteri patogen pada minuman dengan memperhatikan kualitas produk.
2. Memberikan informasi mengenai metode alternatif pengawetan minuman olahan serta dapat digunakan peneliti selanjutnya sebagai pembanding maupun rujukan sehingga hasil penelitian yang diperoleh peneliti selanjutnya lebih akurat.

### **1.5 Batasan Masalah**

1. Sampel yang digunakan adalah jus apel malang manalagi yang telah disaring.
2. Variasi intensitas dan lama pemaparan dilakukan dengan jarak konstan sinar LED biru dan sampel.
3. Organoleptik jus apel yang diteliti adalah warna dan aroma.

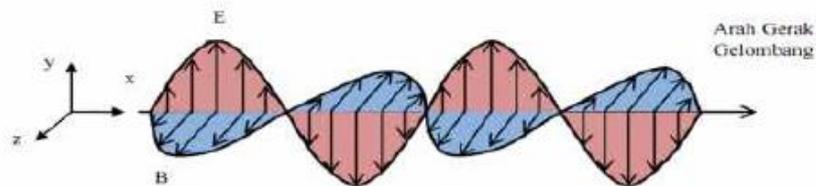
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Gelombang Elektromagnetik

##### 2.1.1 Definisi Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang dapat merambat meskipun tidak melalui medium dan terdiri dari medan listrik dan magnetik seperti pada Gambar 2.1. Energi elektromagnetik merambat pada gelombang dengan beberapa parameter yang dapat diukur, antara lain panjang gelombang, frekuensi, amplitudo, dan kecepatan. Dapat diketahui bahwa amplitudo merupakan tinggi gelombang, sedangkan panjang gelombang adalah jarak antara dua puncak. Frekuensi merupakan jumlah gelombang yang melalui suatu titik dalam satuan waktu. Frekuensi tergantung dari cepat rambat gelombang. Sebab kecepatan energi elektromagnetik adalah konstan (kecepatan cahaya), panjang gelombang dan frekuensi berbanding terbalik. Jadi, semakin panjang suatu gelombang maka frekuensinya semakin rendah, dan apabila semakin pendek suatu gelombang maka frekuensinya semakin tinggi (Harefa, 2011).



Gambar 2. 1 Perambatan gelombang elektromagnetik (Harefa, 2011).

Besarnya panjang gelombang elektromagnetik dapat didefinisikan dengan persamaan :

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (2.1)$$

Dengan  $\lambda$  adalah panjang gelombang,  $v$  adalah kecepatan gelombang, dan  $f$  adalah frekuensi gelombang.

### 2.1.2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik

Spektrum cahaya atau biasa disebut dengan spektrum tampak merupakan bagian dari spektrum elektromagnetik yang dapat dilihat manusia. Radiasi elektromagnetik dalam rentang panjang gelombang disebut cahaya. Sedangkan cahaya adalah bentuk energi yang dikenal dengan energi elektromagnetik atau disebut dengan radiasi. Spektrum gelombang elektromagnetik dipancarkan matahari secara keseluruhan melewati atmosfer bumi sedangkan radiasi elektromagnetik diluar jangkauan panjang gelombang optik atau jendela transmisi lainnya hampir seluruhnya diserap oleh atmosfer (Harefa, 2011).

Susunan semua bentuk gelombang elektromagnetik berdasarkan panjang gelombang dan frekuensinya disebut spektrum elektromagnetik. Panjang gelombang spektrum elektromagnetik mencakup kisaran energi yang sangat rendah, dengan panjang gelombang tinggi dan frekuensi rendah, seperti gelombang radio hingga pada energi yang sangat tinggi, dengan panjang gelombang rendah dan frekuensi tinggi seperti pada radiasi X – ray (Frekuensi & Sandi, n.d.).

Spektrum gelombang elektromagnetik dibagi menjadi beberapa sinar, seperti yang terlihat pada tabel dibawah ini (Harefa, 2011).

Tabel 2. 1 Spektrum Gelombang Elektromagnetik (Harefa, 2011).

No.	Jenis Sinar	Panjang Gelombang
1.	Sinar X	10 – 100 pkm
2.	Ultra – violet jauh	10 – 200 nm
3.	Ultra – violet dekat	200 – 400 nm
4.	Sinar tampak	400 – 750 nm
5.	Infra – merah dekat	0,75 – 2 $\mu m$
6.	Infra – merah tengah	2,5 – 50 $\mu m$
7.	Infra – merah jauh	50 – 1000 $\mu m$
8.	Gelombang mikro	0,1 – 100 cm
9.	Gelombang radio	1 – 1000 m

### 2.1.3 Ciri - ciri Gelombang Elektromagnetik

Adapun beberapa ciri – ciri gelombang elektromagnetik adalah sebagai berikut (Frekuensi & Sandi, n.d.):

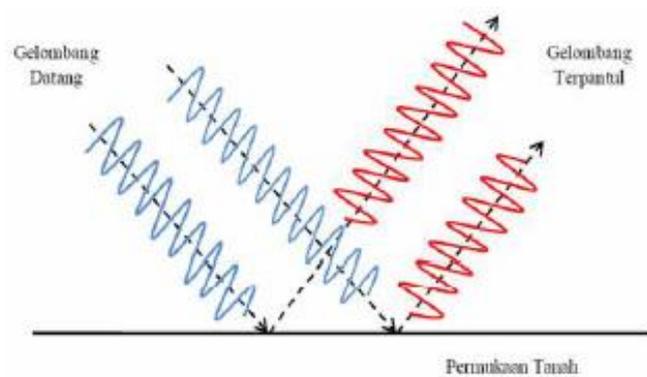
1. Perubahan medan listrik dan medan magnetik terjadi disaat yang bersamaan, sehingga kedua medan mempunyai harga maksimum dan minimum pada saat yang sama dan tempat yang sama.
2. Arah medan listrik dan medan magnetik saling tegak lurus dan keduanya tegak lurus terhadap arah gelombang.
3. Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang transversal.
4. Gelombang elektromagnetik mengalami peristiwa pemantulan, pembiasan, interferensi, dan difraksi. Karena termasuk gelombang transversal maka gelombang elektromagnetik juga mengalami polarisasi.
5. Cepat rambat gelombang elektromagnetik hanya bergantung pada sifat – sifat listrik magnetik medium yang ditempatinya.

### 2.1.4 Mekanisme Perambatan Gelombang Elektromagnetik

Terdapat beberapa mekanisme perambatan gelombang elektromagnetik yang dikenal, antara lain (Harefa, 2011):

## 1. Refleksi (Pemantulan)

- a. Refleksi terjadi ketika obyek terkena gelombang elektromagnetik yang memiliki dimensi lebih besar dibanding dengan panjang gelombang sinyal dari pemancar gelombang. Refleksi terjadi pada permukaan bumi, bangunan, tembok dan penghalang yang lain.
- b. Ketika gelombang radio mengenai bahan dielektrik sempurna, maka sebagian dari energinya ditransmisikan ke medium kedua, dan sebagian lagi dipantulkan kembali ke medium pertama sehingga tidak kehilangan energi akibat penyerapan. Jika medium kedua adalah konduktor yang sempurna, maka semua energinya dapat terpantul dan kembali ke medium pertama tanpa kehilangan energi.



Gambar 2. 2 Refleksi (pemantulan) Gelombang Elektromagnetik (Harefa, 2011)

## 2. Scattering (Hamburan/Penyebaran)

*Scattering* terjadi ketika medium dimana gelombang merambat mengandung obyek yang lebih kecil dibandingkan dengan panjang sinyal gelombang tersebut dan jumlah obyek per unit volume sangat besar.

Gelombang tersebar yang dihasilkan dari permukaan kasar, benda kecil, atau obyek seperti tiang lampu dan pohon.

### 3. *Refraksi* (Pembiasan)

*Refraksi* disebut juga dengan pembelokan gelombang yang melewati medium yang memiliki kepadatan yang berbeda. Dalam ruang hampa udara, gelombang elektromagnetik merambat pada kecepatan sekitar 300.000 km/detik. Ini adalah nilai konstan  $c$ , yang umum disebut dengan kecepatan cahaya tetapi sebenarnya merujuk kepada kecepatan cahaya dalam ruang hampa. Dalam udara, air, gelas dan media transparan, gelombang elektromagnetik merambat pada kecepatan yang lebih rendah dari  $c$ .

### 4. *Difraksi* (Lenturan)

*Difraksi* terjadi ketika garis edar radio antara pengirim dan penerima dan dihambat oleh permukaan yang tajam atau kasar. Pada frekuensi tinggi, difraksi, seperti halnya pada refleksi, tergantung pada ukuran objek yang menghambat dan amplitudo fase, dan polarisasi dari gelombang pada titik difraksi.

## **2.1.5 Cahaya Tampak**

Cahaya termasuk gelombang elektromagnetik, yaitu gelombang yang getarannya merupakan perpaduan antara medan listrik dan medan magnetik. Getaran medan listrik dan medan magnetik tegak lurus terhadap arah perambatan cahaya, sehingga cahaya termasuk gelombang transversal. Gelombang elektromagnetik dapat merambat baik ada medium maupun tanpa medium. Oleh karena itu cahaya matahari dapat merambat melalui ruang hampa (vakum) yang

ada dalam atmosfer hingga ke bumi. Sebagai gelombang elektromagnetik, cahaya merambat dengan kelajuan  $3 \cdot 10^8$  m/s (Irawan & Setyawarno, 2010).

Cahaya yang dihasilkan oleh penataan ulang elektron – yang berada di dalam atom dan molekul memiliki berbagai macam panjang gelombang elektromagnetik dari cahaya tampak bersesuaian dengan warna yang berbeda. Mulai dari merah ( $\lambda = 7 \times 10^{-7} m$ ) hingga ungu ( $\lambda = 4 \times 10^{-7} m$ ), kepekaan mata manusia termasuk fungsi dari panjang gelombang yang bernilai maksimum pada panjang gelombang sekitar  $5,5 \times 10^{-7} m$  (Serway, 2010).

Cahaya merupakan salah satu bentuk gelombang elektromagnetik yang mempunyai jarak antar gelombang yang disebut panjang gelombang elektromagnetik. Panjang gelombang elektromagnetik berkisar antara kurang dari 1 nanometer hingga lebih dari 1 kilometer. Cahaya ultraviolet (UV) berada pada daerah panjang gelombang dari 100 hingga 380 nm. Keseluruhan kisaran radiasi ini dapat dikenal sebagai spektrum elektromagnetik. Spektrum cahaya tampak ditunjukkan pada tabel 2.2 berikut ini (Handoko & Fajariyanti, 2011).

Tabel 2. 2 Spektrum Warna Cahaya Tampak (Handoko & Fajariyanti, 2011).

Panjang Gelombang (nm)	Warna yang diabsorpsi	Warna Komplementer
390 – 455	Ungu	Kuning – Hijau
455 – 492	Biru	Kuning
492 – 577	Hijau	Violet
577 – 597	Kuning	Biru
597 – 622	Jingga	Hijau – Biru
622 – 780	Merah	Biru – Hijau

### 2.1.6 Light Emitting Diode (LED)

*Light Emitting Diode* (LED) merupakan semikonduktor yang dapat mengubah energi listrik menjadi cahaya. Lampu LED memiliki usia yang relatif

lebih panjang dan konsumsi listrik yang rendah jika dibandingkan dengan lampu pijar TL. Selain itu, lampu jenis ini juga tidak menghasilkan suhu tinggi dan tidak mengandung merkuri. Prinsip kerja LED sama seperti dioda, yaitu dioda akan menghantarkan arus listrik apabila diberi tegangan maju (*forward bias*) (Zulviana, 2020).

LED merupakan semikonduktor kompleks yang dapat mengkonversi energi listrik menjadi cahaya. LED termasuk sumber cahaya dengan rentang spektrum absorpsi porifin fotosensitizer. Kelebihan LED dibandingkan dengan sumber cahaya lain untuk fotoinaktivasi adalah karena hanya menghasilkan sejumlah kecil panas dalam cahaya yang ditimbulkan. LED menghasilkan cahaya dengan berbagai warna. Warna cahaya yang diemisikan oleh LED bergantung pada komposisi material semikonduktor yang digunakan, baik inframerah, cahaya tampak maupun ultraviolet (J. Astuti et al., 2015).

### **2.1.7 LED Biru**

LED menghasilkan cahaya dengan berbagai warna. Warna cahaya yang diemisikan oleh LED bergantung pada komposisi dan kondisi dari material semikonduktor yang digunakan, baik inframerah, ultraviolet maupun cahaya tampak seperti LED Biru. LED Biru merupakan sinar yang mempunyai spektrum 455 – 492 nm dan diketahui bahwa dapat menyebabkan inaktivasi bakteri pada beberapa keadaan tertentu seperti fotostimulasi pada porifin endogen intraseluler. LED biru juga berpotensi fotoinaktivasi beberapa bakteri seperti *Staphylococcus epidermidis*, sehingga sumber cahaya ini dapat digunakan untuk fotoinaktivasi bakteri (S. D. Astuti et al., 2011).

### 2.1.8 Energi yang Dibawa oleh Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik membawa energi dari satu tempat menuju tempat lain dan merambat melalui medium, energi dipindahkan sebagai energi getaran dari partikel ke partikel pada medium tersebut. Sehingga dapat diketahui bahwa setiap partikel mempunyai energi (Ahmadiyah, 2015):

$$E = \frac{1}{2} KA^2 \quad (2.2)$$

Dimana:

E = Medan Listrik (N/C)

K = Konstanta ( $3 \times 10^8$  m/s)

A = Amplitudo Gerak (gelombang transversal atau longitudinal)

Energi yang dibawa oleh gelombang elektromagnetik berbanding lurus dengan kuadrat amplitudo. Intensitas (I) sebuah gelombang dapat didefinisikan sebagai daya (energi persatuan waktu) yang dibawa melintasi daerah yang tegak lurus terhadap aliran energi (Ahmadiyah, 2015):

$$I = \frac{\text{energi/waktu}}{\text{luas}} = \frac{\text{daya}}{\text{luas}} = \frac{P}{4\pi^2} \quad (2.3)$$

Dimana:

I = Intensitas (mW/cm<sup>2</sup>)

P = Daya (W/m)

Jika keluaran daya P dari sumber konstan, maka intensitas berkurang sebagai kebalikan dari kuadrat jarak dari sumber (Ahmadiyah, 2015):

$$I = \frac{1}{r^2} \quad (2.4)$$

Jika diambil dua titik dengan jarak  $r_1$  dan  $r_2$  dari sumber, maka (Ahmadiyah, 2015):

$$I_1 = \frac{P}{4\pi r_1^2} \quad (2.5)$$

$$I_2 = \frac{P}{4\pi r_2^2} \quad (2.6)$$

$$I_3 = \frac{P}{4\pi r_3^2} \quad (2.7)$$

Dimana:

I = Intensitas (mW/cm<sup>2</sup>)

P = Daya (W/m)

r = Jarak (cm)

## 2.2 Apel

Apel merupakan tanaman buah *pomaceous* dari family *Rosacease* dan spesies *Malus domestica*. Apel tumbuh dan berkembang dengan baik pada daerah sub tropis seperti Amerika, Rusia, Belanda, dan Italia. Meskipun Indonesia tidak termasuk dalam daerah sub tropis, namun Indonesia juga mengembangkan tanaman apel di beberapa wilayah yang memiliki ketinggian tempat > 900 dpl. Salah satu daerah pengembangan apel di Indonesia adalah di daerah Jawa Timur (wilayah Malang dan Batu). Malang dan Batu memiliki daerah pegunungan dan ketinggian yang baik untuk budidaya tanaman apel (Didiek, 2019).

Meskipun tanaman apel secara ekonomis baru berkembang pada tahun 1960an, namun sebenarnya tanaman ini telah masuk ke Indonesia sejak jaman Belanda. Terdapat bermacam – macam varietas apel yang berkembang di Indonesia terdapat 3 jenis apel yang paling banyak dikembangkan adalah apel Manalagi, Anna, dan Rome Beauty. Berdasarkan sumber dari Dinas Pertanian dan Kehutanan Kota Batu menyebutkan bahwa pada tahun 2014 populasi tanaman apel mencapai 2,1 juta pohon, yang mampu menghasilkan buah apel sebanyak 708,43 ton (Didiek, 2019).

Buah apel sendiri memiliki banyak nutrisi dan berbagai macam vitamin diantaranya lemak, serta energi, karbohidrat, protein vitamin C, vitamin A, vitamin B2, vitamin B1 dan masih banyak lagi. Dari berbagai jenis apel yang terdapat di Indonesia selain dapat dikonsumsi secara mentah/langsung, maka buah – buahan tersebut dapat dikonsumsi dengan mengolahnya terlebih dahulu seperti manisa, keripik buah apel, dan cuka apel (Ciputra, 2018). Dan jus apel adalah salah satu minuman buah yang sering dikonsumsi masyarakat, maka minuman olahan perlu diperhatikan kontaminasi bakteri yang terjadi.

## **2.3 Bakteri**

### **2.3.1 Definisi Bakteri**

Istilah bakteri berasal dari bahasa Yunani yaitu kata *bacterion* yang berarti batang kecil. Bakteri merupakan salah satu organisme yang memiliki jumlah spesies paling banyak hingga mencapai ratusan ribu dan tersebar luas dibandingkan dengan organisme lainnya. Bakteri merupakan makhluk hidup prokariotik yang banyak hidup bebas dan ditemukan di lingkungan seperti tanah, air, udara, debu dan terdapat pada tubuh tumbuhan, hewan dan manusia (Buche, 1987).

Bakteri merupakan uniseluler, pada umumnya tidak berklorofil, terdapat beberapa bakteri yang fotosintetik dan produksi aksesualnya secara pembelahan dan bakteri mempunyai ukuran sel kecil dimana setiap selnya hanya dapat dilihat menggunakan bantuan mikroskop. Bakteri pada umumnya mempunyai ukuran sel  $0,5 - 1,0 \mu m$  kali  $2,0 - 5,0 \mu m$ , dan terdiri dari tiga bentuk dasar yaitu bentuk bulat atau kokus, bentuk batang atau *Bacillus*, dan bentuk spiral (Buche, 1987).

Seperti yang kita ketahui bahwa bakteri merupakan makhluk hidup paling kecil.

Qur'an Surah Al – Baqarah (2) ayat 26 menjelaskan sebagai berikut:

إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَّا بَعُوضَةً فَمَا فَوْقَهَا فَأَمَّا الَّذِينَ ءَامَنُوا فَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ مِنْ رَبِّهِمْ وَأَمَّا  
الَّذِينَ كَفَرُوا فَيَقُولُونَ مَاذَا أَرَادَ اللَّهُ بِهَذَا مَثَلًا يُضِلُّ بِهِ كَثِيرًا وَيَهْدِي بِهِ كَثِيرًا وَمَا يُضِلُّ بِهِ إِلَّا الْفَاسِقِينَ

*“Sesungguhnya Allah tiada segan membuat perumpamaan berupa nyamuk atau yang lebih rendah dari itu. Adapun orang – orang yang beriman. Maka mereka yakin bahwa perumpamaan ini benar dari Tuhan mereka, tetapi mereka yang kafir mengatakan: “Apakah maksud Allah menjadikan ini untuk perumpamaan?.” Dengan perumpamaan itu banyak orang yang disesatkan Allah, dan dengan perumpamaan itu (pula) banyak orang yang diberi-Nya petunjuk dan tidak ada yang disesatkan Allah kecuali orang – orang yang fasik” (Q.S Al – Baqarah:26).*

Menurut buku tafsir Fathul Qadir ayat yang di tulis oleh Asy –Syaukani ayat diatas menjelaskan bahwasanya Allah telah menciptakan makhluk hidup yang lebih rendah daripada nyamuk. Pada lafadz *فَمَا فَوْقَهَا* (atau yang lebih rendah dari itu) pada ayat diatas memiliki makna yaitu apa yang lebih kecil dibandingkan nyamuk dari segi makna dan fisik, mengingat nyamuk adalah makhluk kecil dan tidak berarti (Asy-syaukani, 2008). Adapun hewan yang melebihi nyamuk atau yang lebih kecil daripada nyamuk antara lain adalah bakteri. Pada umumnya ukuran bakteri sangat kecil, bentuk tubuh bakteri baru dapat terlihat dengan menggunakan mikroskop dengan pembesaran 1000× atau lebih.

Bakteri merupakan organisme bersel satu yang memiliki ciri khas khusus dalam kondisi komposisi sel dibandingkan dengan sel makhluk hidup lain. Organisme ini tidak mempunyai selaput inti, tidak memiliki plastid khusus yaitu zat warna pada membran dan juga tidak memiliki organel berselaput, mitokondria, lisosom, badan golgi dan retikulum endoplasma (RE), nukleus, dan nukleoplasma (Ariyadi, 2011).

### 2.3.2 Struktur Bakteri

#### 1. Dinding sel

Dinding sel bakteri terletak diantara struktur kapsul atau lapisan lendur dan membran sitoplasma. Ketebalan dinding sel bakteri berkisar antara 10 – 35 nm. Dinding sel bakteri penting dalam pembelahan dan pertumbuhan sel bakteri. Kecuali mikroplasma, semua sel bakteri memiliki dinding sel. Dinding sel bakteri memberi bentuk yang khas pada setiap sel bakteri. Jika dinding sel bakteri hilang, maka memungkinkan bentuk sel bakteri tersebut berubah. Isi sel berupa protoplasma dan membran plasma (Jawetz, 1996).

Bakteri dibagi tergolong menjadi dua, yaitu (Jawetz 1996):

##### a) Gram positif

Bakteri yang jika di berikan warna menggunakan kristal ungu ataupun yodium lalu dicuci menggunakan alkohol akan tetap mempertahankan warna ungu sesudah pewarnaan. Hal ini terjadi sebab bakteri gram positif memiliki lapisan peptidoglikan yang lebih tebal.

##### b) Gram negatif

Kebalikan dari gram positif dimana bakteri tersebut akan kehilangan warna ungunya sesudah dicuci karena peptidoglikam gram negatif lebih tipis.

#### 2. Membran plasma

Membran plasma merupakan pembungkus sel yang terdapat di bagian dalam dari lapisan dinding sel yang kaku dan berhubungan dekat dengan membran sitoplasma yang lembut, mempunyai peranan yang sangat penting bagi sel. Pada irisan tipis membran plasma terdapat lapisan gelap – terang – gelap. Meskipun bakteri dianggap toleran terhadap perubahan tekanan osmotik

yang ekstrim pada lingkungan luar, protoplasnya akan mengalami plasmolisis (menyusut) dan plasmoptisis (membengkak-pecah) ketika ditempatkan dalam media yang tidak sesuai. Penempatan sel dalam larutan hipertonik menyebabkan plasmolisis, terjadi penyusutan/pelepasan membran dan sitoplasma dari dinding sel (Nawangsih & Wardani, 2014).

Adapun beberapa fungsi membran sel, yaitu (Nawangsih & Wardani, 2014):

- a) Mengatur permeabilitas terhadap senyawa – senyawa atau ion – ion yang melewatinya dan diatur oleh protein integral.
- b) Protein selaput yang mempunyai fungsi sebagai protein pengenalan atau reseptor molekul – molekul khusus (hormon, antigen, metabolit) dan agensi khas (bakteri dan virus).
- c) Protein selaput yang berfungsi sebagai enzim khusus misalnya pada selaput mitokondria, kloroplas, retikulum endoplasma, aparatus golgi, selaput sel, dan lain – lain.
- d) Selaput sebagai kelompok molekul juga berfungsi untuk reseptor terhadap perubahan lingkungan seperti perubahan suhu, dan intensitas cahaya.

### 3. Sitoplasma

Struktur membran sitoplasma berada di bagian dalam dari dinding sel. Oleh karena itu, jika dilihat dari struktur lapisan pada sel bakteri, membran plasma dilindungi oleh dinding sel bakteri, yang mana sifat dinding sel bakteri yang lebih kaku jika dibandingkan dengan membran sitoplasma (Campbell, 2002).

Didalam sitoplasma terdapat beberapa komponen dasar, yaitu (Campbell, 2002):

a) Materi inti

Didalam materi inti suatu sel terdiri dari DNA dan RNA. Materi inti terlihat sebagai jaring dari DNA yang tidak teratur.

b) Ribosom

Ribosom merupakan suatu partikel sitoplasma yang berukuran kecil dan padat dalam sel yang mempunyai fungsi sebagai tempat protein. Ribosom memiliki ukuran diameter sekitar 20 nm dan terdiri atas 65% RNA ribosom dan 35% protein ribosom.

c) Granula sitoplasma

Granula berfungsi sebagai tempat pengumpulan cadangan makanan termasuk polisakarida, lemak dan polifosfat.

d) Plasmid

Plasmid merupakan sebuah ekstrakromosomal DNA terintegrasi dalam kromosom edaran.

### **2.3.3 Pertumbuhan dan Perkembangan Bakteri**

Pertumbuhan adalah proses bertambahnya ukuran atau massa suatu zat organisme. Pada organisme bersel satu pertumbuhan atau lebih dapat diartikan sebagai pertumbuhan koloni yaitu bertambahnya mikroba koloni, ukuran koloni yang semakin besar dalam koloni tersebut semakin banyak. Pertumbuhan pada mikroorganisme lebih ditunjukkan oleh adanya peningkatan jumlah mikroorganisme dan bukan merupakan peningkatan sel individu (Ariyanti, 2010).

Pertumbuhan bakteri umumnya dipengaruhi oleh faktor – faktor tertentu, faktor – faktor yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri, yaitu (Ariyanti, 2010):

### 1. Waktu

Kecepatan pertumbuhan bakteri bermacam – macam tergantung pada spesies dan kondisi pertumbuhannya. Pada saat kondisi optimal hampir semua bakteri memperbanyak diri dengan cara pembelahan biner dengan jangka waktu sekali setiap 20 menit.

### 2. Makanan

Semua organisme membutuhkan nutrient yang digunakan untuk menyediakan:

- a) Energi, biasanya didapatkan dari substansi yang mengandung karbon
- b) Nitrogen yang digunakan untuk sintesis protein.
- c) Vitamin dan hal lain yang berkaitan dengan faktor pertumbuhan.

### 3. Kelembaban

Mikroorganisme memerlukan air untuk mempertahankan hidupnya. Banyaknya air dalam pangan yang tersedia yang digunakan untuk tempat hidup dapat dideskripsikan dengan istilah aktivitas air ( $A_w$ ).

### 4. Suhu

Mikroorganisme dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok yang sesuai suhu pertumbuhan yang diperlukannya.

- a) Psikrofil (organisme bersuhu dingin) dapat tumbuh dengan baik pada suhu dibawah  $20^{\circ}\text{C}$ , kisaran suhu optimal adalah  $10^{\circ}\text{C}$  hingga  $20^{\circ}\text{C}$ .
- b) Mesofil (organisme bersuhu sedang) memiliki suhu pertumbuhan optimal antara  $20^{\circ}\text{C}$  hingga  $45^{\circ}\text{C}$ .

- c) Termofil (organisme bersuhu tinggi) dapat tumbuh dengan baik pada suhu diatas 45°C, kisaran pertumbuhan optimalnya adalah 50°C hingga 60°C.

## 5. Cahaya

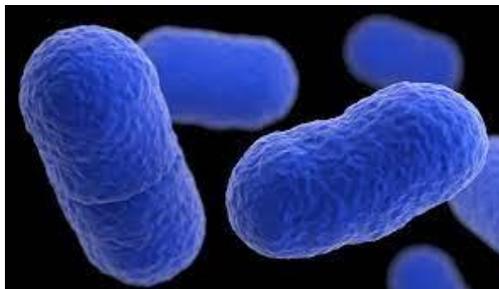
Cahaya mempunyai pengaruh besar pada proses pertumbuhan bakteri. Pada umumnya cahaya akan merusak sel mikroorganisme yang tidak memiliki klorofil. Sinar ultraviolet menyebabkan terjadinya ionisasi komponen sel yang menghambat pertumbuhan atau menyebabkan kematian. Pengaruh cahaya terhadap bakteri dapat digunakan sebagai dasar sterilisasi atau pengawetan bahan makanan (Roisah, 2019).

### **2.3.4 Kerusakan Membran Sel**

Membran sel akan mengalami kerusakan apabila diberi perlakuan suhu yang ekstrim, semakin tinggi suhu yang diberikan, maka kerusakan sel pada membran akan semakin parah sebab membran sel tidak bisa tahan terhadap keadaan yang terlalu panas atau terlalu dingin. Perlakuan panas terhadap permeabilitas membran akan berakibat kerusakan protein jika suhu lebih dari 600°C yang akan berakibat pada kerusakan dinding sel sehingga mengeluarkan pigmen yang lebih banyak akibat dari denaturasi pada protein. Suhu tinggi merusak membran sel dengan cara mengubah komposisi dan struktur kimia membran. Pengaruh permeabilitas membran berbeda – beda pada setiap perlakuan panas ataupun perlakuan dingin, dan juga perlakuan senyawa kimia. Perlakuan pembekuan permeabilitas mengakibatkan kerusakan sel fotolipid dan protein yang membentuk kristal tajam yang dapat merusak sel sehingga dapat mengeluarkan pigmen yang lebih banyak daripada perlakuan panas (Handayani, 2013).

## 2.4 Bakteri *Listeria monocytogenes*

### 2.4.1 Klasifikasi Bakteri *Listeria monocytogenes*



Gambar 2. 3 Bakteri *Listeria monocytogenes* (CDC, 2021)

Kingdom	: Bacteria
Phylum	: Firmicutes
Classis	: Bacilli
Ordo	: Bacilles
Familia	: Listeriaceae
Genus	: Listeria
Species	: <i>Listeria monocytogenes</i>

### 2.4.2 Karakteristik dan Morfologi Bakteri *Listeria monocytogenes*

*Listeria monocytogenes* dapat diklasifikasikan sebagai bakteri Gram positif berbentuk batang, pembentukan non-spora, dan anaerob fakultatif yang bertanggung jawab atas penyakit infeksi tertentu pada manusia. *Listeria monocytogenes* adalah satu – satunya patogen diantara enam spesies. Spesies ini bisa hidup pada suhu ekstrim, kondisi garam dan pH dalam berbagai lingkungan (Rahim & Kusuma, 2016).

*Listeria monocytogenes* tersusun paralel membentuk rantai pendek atau seperti huruf V. Diameter sel berukuran 0,4 – 0,5  $\mu\text{m}$  dan panjang 0,5 – 2,0  $\mu\text{m}$ . Pertumbuhan bakteri tersebut pada media agar dengan waktu inkubasi lebih dari

24 jam akan menunjukkan variabilitas bentuk sel. Pada kultur yang lebih tua tersebut bakteri terlihat *flamentous* dengan panjang 6 – 20  $\mu\text{m}$ . Temperatur optimal *Listeria monocytogeneses* adalah 35 – 37°C. Bakteri ini dapat tumbuh pada temperatur 1 – 50°C, mampu bertahan hidup pada perlakuan pasteurisasi dengan suhu 72°C selama 15 detik dan dapat hidup pada ph 4,3 – 9,4 (Ariyanti, 2010).

#### **2.4.3 Penyakit yang Disebabkan Bakteri *Listeria monocytogeneses***

Infeksi bakteri *Listeria monocytogeneses* dapat menyebabkan timbulnya penyakit yang disebut dengan Listeriosis (septikemia dan meningitis) dengan tingkat kematian yang tinggi terutama pada kelompok berisiko tinggi seperti bayi, orang lanjut usia, wanita hamil, dan penderita *immunodeficiency*. Terdapat dua bentuk gejala klinis listeriosis yaitu *listerial gastroenteritis* (listeriosis bentuk saluran pencernaan) dan *invasive listeriosis* (listeriosis bentuk invasif). Gejala klinis saluran pencernaan diantaranya mual, muntah, kram perut, dan diare. Sedangkan invasif diakui sebagai *foodborne disease* dengan tingkat keparahan gejala dan tingkat kematian tinggi yaitu 20 – 30%. Adapun gejala klinisnya yaitu meningitis, meningoensefalitis, dan septikimia, serta dapat mengakibatkan kluron atau abortus pada wanita hamil, kematian pada bayi baru lahir atau persalinan prematur (Karneli, 2015).

*Listeria monocytogeneses* merupakan salah satu penyebab penyakit yang serius dengan tingkat kematian sekitar 20 – 30%. Sumber listeriosis yang potensial adalah makanan siap santap seperti daging dan susu yang tidak dipasteurisasi yang disimpan dalam waktu lama pada suhu 4°C. Terkadang *Listeria monocytogeneses* juga dapat ditemukan dalam produk makanan yang

sudah diolah. Kontaminasi *Listeria monocytogenes* setelah pengolahan makanan merupakan titik kritis untuk kesehatan manusia. Oleh sebab itu, diperlukan adanya pengetahuan yang cukup agar pencegahan terhadap bakteri *Listeria monocytogenes* di lingkungan atau kontaminan pada produk makanan asal ternak dan produk olahan lainnya dapat dilakukan dengan tepat (Ariyanti, 2010).

## **2.5 Interaksi Radiasi Elektromagnetik dengan Bahan**

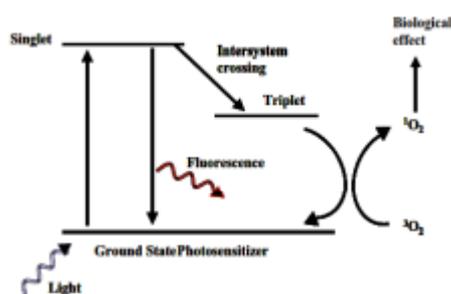
Apabila cahaya jatuh pada senyawa, maka sebagian dari cahaya diserap oleh molekul – molekul – molekul yang sesuai dengan struktur dari molekul. Setiap senyawa mempunyai tingkatan energi yang spesifik. Jika cahaya memiliki energi yang sama dengan perbedaan tenaga antara tingkatan dasar (G) dan tenaga tingkatan tereksitasi ( $E_1, E_2, \dots$ ) jatuh pada senyawa, maka elektron – elektron pada tingkatan dasar (G) dieksitasikan ke tingkatan terkesitasi dan sebagian cahaya yang sesuai dengan panjang gelombang yang diserap. Elektron yang tereksitasi akan melepaskan tenaga dengan proses radiasi panas dan kembali ke tingkatan dasar (G) asal (Danasrayaningsih, 2007).

## **2.6 Interaksi Sel Bakteri Terhadap Cahaya**

Mekanisme *Photodynamic Terapi* (PDT) memiliki berbagai proses. Cahaya yang dipancarkan diserap oleh elektron (molekul) yang digunakan untuk membangkitkan dalam keadaan pertama kemudian sistem yang digunakan dalam memotong pada keadaan triplet. Pada proses ini, fluoresensi diserap dari keadaan pertama ke keadaan dasar dan energi dapat dihilangkan melalui perusakan bukan melalui proses radiasi. Dari keadaan triplet, energi yang hilang akan menghasilkan pancaran sinar atau radiasi fosforesensi dengan jangka waktu hidup yang lama

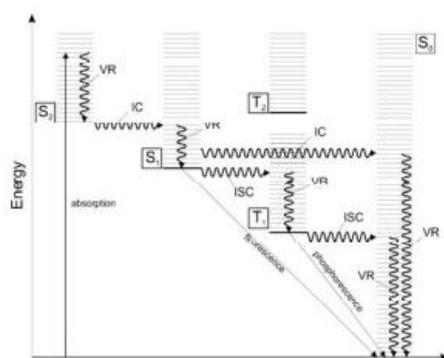
(mikrodetik), kemudian energi tersebut dilanjutkan ke oksigen terdekat yang digunakan untuk menghasilkan jenis reaksi oksigen dan sebagian dari energi lain yang akan mengalami proses efek fotokimia, dalam proses fotokimia tersebut membrane sel akan membesar dan setelah itu pecah (J. Astuti et al., 2015).

Molekul oksigen dapat berada dalam keadaan eksitasi triplet, sehingga dapat bereaksi secara langsung dengan triplet sehingga menghasilkan oksigen singlet seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4



Gambar 2. 4 Diagram level energi fotokimia (S. D. Astuti et al., 2011).

Keberhasilan penghambatan pertumbuhan bakteri ditentukan oleh kesesuaian panjang gelombang cahaya dan penyerapan oleh bakteri. Faktor penentu lain akan mengaktivasi terjadinya reaksi kimia dan mendapatkan hasil berbagai macam spesies oksigen reaktif yang menyebabkan penonaktifan pada bakteri (S. D. Astuti et al., 2011).



Gambar 2. 5 Mekanisme  $S_0$  adalah keadaan ground state  $S_1..S_n$  adalah keadaan triplet ditandai spin elektron tidak berpasangan: Tingkat Vibrasi ditunjukkan oleh garis horizontal, transisi non radiatif oleh panah bergelombang. yang terdiri atas

VR, IC, ISC (S. D. Astuti et al., 2011)

Pada gambar 2.5 ditunjukkan mekanisme fotofisika yang menginisiasi terjadinya mekanisme fotokimia menghasilkan berbagai spesies oksigen reaktif yang menyebabkan fotoinaktivasi pada bakteri. Absorpsi radiasi oleh molekul akan mengeksitasi molekul tersebut dari tingkat vibrasional dalam keadaan dasar singlet elektronik  $S_0$  ke salah satu tingkat vibrasional dalam keadaan keadaan eksitasi elektronik. Eksitasi molekul menuju keadaan energi yang lebih tinggi cenderung akan lebih kembali ke keadaan dasar, baik melalui reaksi kimia ataupun kembali menjadi panas yang akan dilepas menuju lingkungan dalam proses *internal conversion* atau *vibrational relaxation* (S. D. Astuti et al., 2011).

Kerusakan sel bakteri pada proses fotoinaktivasi didasarkan pada dua mekanisme, yaitu kerusakan DNA dan kerusakan membran sitoplasma. Penyinaran cahaya yang diserap akan memecah struktur DNA menjadi double – strained DNA, sehingga dapat menimbulkan kerusakan. Selain itu, fotoinaktivasi bakteri juga dapat mengakibatkan kebocoran sel atau inaktivasi sistem transport membran dan sistem enzim membran pada bakteri tersebut. Fenomena fisis yang terjadi pada

proses fotoinaktivasi meliputi 3 tahap, yaitu tahap fotofisika, berupa interaksi cahaya dengan molekul porifirin pada proses absorpsi foton dan diikuti dengan eksitasi elektron. Pada tahap fotokimia, terjadi perubahan energi dan struktur elektron sebagai akibat dari eksitasi elektron. Sedangkan tahap fotobiologi, melibatkan perubahan sel organisme akibat interaksi cahaya, rusaknya struktur parietal bakteri tersebut adalah akibat dari penggunaan salah satu cahaya pulsa yaitu *Light Emitting Diode (LED)* (Hamblin & Hasan, 2004).

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini akan dilakukan pada bulan Januari 2022 di Laboratorium Riset Biofisika Jurusan Fisika Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

#### **3.2 Alat dan Bahan Penelitian**

##### **3.2.1 Alat – alat**

1. Power Supply
2. Seperangkat LED Biru
3. Potensiometer
4. Kabel Penghubung
5. Voltmeter
6. Lux meter
7. Solder
8. pH meter
9. Erlenmeyer 250 ml 4 buah
10. Tabung reaksi 10 buah
11. Rak tabung reaksi 1 buah
12. LAF (*Laminar Air Flow*) 1 unit
13. Bunsen 1 buah
14. Kotak gelap
15. Kertas

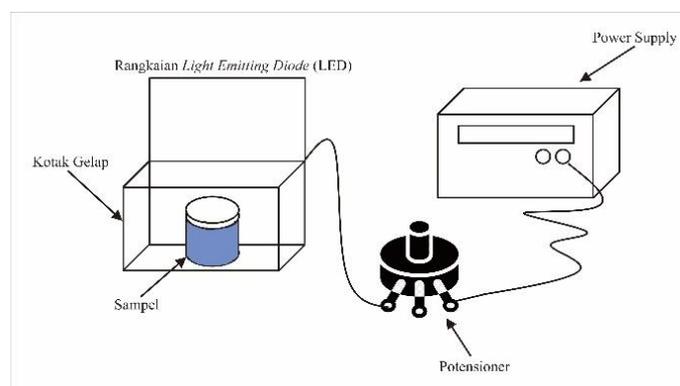
16. Kapas 1 pack
17. Tisu 1 pack
18. Botol media 16 buah
19. Autoklaf 1 buah
20. Cawan petri 36 buah
21. Pengaduk kaca 1 buah
22. Inkubator 1 buah
23. Plastik wrap 1 pack
24. Gelas ukur 50 ml 1 buah
25. Spertus
26. Beaker glass 500 ml 1 buah
27. Plastik bungkus 1 pack
28. Micropipet 1 buah
29. Jarum ose 1 buah
30. Botol flakon berukuran 20 ml 150 buah
31. Timbangan analitik 1 buah
32. Transistor
33. Isolator
34. Spatula
35. *Coloni counter*
36. *Hot plate*
37. Alumunium foil

### **3.2.2 Bahan – bahan**

1. Bakteri *Lysteria monocytogeneses*

2. Jus Apel
3. Media NA (*Nutrient Agar*)
4. Media NB (*Nutrient Broth*)
5. Media PCA (*Plate Count Agar*)
6. Aquades
7. Alkohol 70%
8. Asam Askorbat

### 3.3 Desain Percobaan



Gambar 3. 1 Desain Rangkaian Perlakuan Bakteri *Lysteria monocytogenes*

Rangkaian percobaan menggunakan cahaya tampak yang berasal dari *Blue Light Emitting Diode* (LED Biru) berdiameter 5 mm yang PCB (*Printed Circuit Board*), dan diberikan jarak antara sampel dan *Blue Light Emitting Diode* (LED Biru) di dalam kotak kedap cahaya. Cara kerja alat penelitian tersebut adalah tegangan dari power supply melewati potensiometer yang berfungsi untuk mengatur besar hambatan (nilai resistansi). Apabila potensiometer diputar ke kanan maka hambatan diperbesar dan menghasilkan arus yang kecil, sehingga dapat dihasilkan intensitas rendah atau cahaya yang redup. Sedangkan apabila potensiometer diputar ke kiri maka hambatan diperkecil dan menghasilkan arus yang

besar, sehingga dihasilkan intensitas yang lebih tinggi atau cahaya terang. Intensitas cahaya diukur dengan menggunakan lux meter.

### **3.4 Prosedur Penelitian**

Penelitian ini merupakan eksperimen laboratoris dalam bentuk pola Rancangan Acak Lengkap Faktorial. Rancangan ini dikatakan acak karena setiap satuan percobaan mempunyai peluang yang sama untuk mendapatkan perlakuan sedangkan dikatakan lengkap karena seluruh perlakuan yang dirancang dalam percobaan tersebut digunakan.

Adapun langkah – langkah dalam penelitian ini adalah:

#### **3.4.1 Sterilisasi**

Sterilisasi alat dilakukan sebelum semua peralatan digunakan, yaitu dengan cara membungkus semua peralatan menggunakan kertas alumunium foil kemudian dimasukkan ke dalam autoklaf pada suhu 121 °C dengan tekanan 15 psi (*per square inci*) selama 15 menit. Untuk alat yang tidak tahan panas tinggi disterilisasi dengan zat kimia yaitu alkohol 70%. Sampel berupa sari buah apel juga disterilisasi sebelum ditumbuhi bakteri *Lysteria monocytogeneses*.

#### **3.4.2 Pembuatan Media NA (*Nutrien Agar*)**

1. Media NA ditimbang sebanyak 5 gram kemudian ditambahkan aquades sebanyak 250 ml dan dipanaskan di atas hot plate hingga homogen.
2. Media NA yang sudah homogen dimasukkan ke dalam tabung reaksi sebanyak 5 ml dan sisanya dimasukkan ke dalam tabung erlenmeyer kemudian ditutup dengan kapas.
3. Media NA disterilisasi ke dalam autoklaf.
4. Media NA dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian dimiringkan.

#### **3.4.3 Pembuatan Media NB (*Nutrien Broth*)**

1. Media NB ditimbang sebanyak 2,5 gram.
2. Media NB 2,5 gram ditambahkan aquades sebanyak 150 ml kemudian dipanaskan di atas *hot plate* hingga homogen.
3. Media NB dimasukkan ke dalam botol sebanyak 50 ml dan ditutup dengan kapas kemudian disterilisasi dalam autoklaf.

#### **3.4.4 Pembuatan Media PCA (*Plate Count Agar*)**

1. Media PCA ditimbang sebanyak 3 gram.
2. Media PCA yang sudah ditimbang kemudian ditambahkan aquades sebanyak 150 ml ke dalam erlenmeyer dan dipanaskan di atas *hot plate* hingga homogen.
3. Media PCA disterilisasi dalam autoklaf.

#### **3.4.5 Penumbuhan Bakteri *Lysteria monocytogeneses***

1. Bakteri secara aseptik diinokulasikan dengan jarum inokulasi lurus pada permukaan medium miring dengan arah lurus dari bawah ke atas.
2. Biakan tersebut diinkubasi dalam inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam.

#### **3.4.6 Penumbuhan Bakteri *Lysteria monocytogeneses* pada Sampel**

1. Diambil 1 ml bakteri pada medium NB.
2. Ditanamkan bakteri ke dalam 9 ml jus apel yang telah disterilisasi.
3. Bakteri pada jus apel dibiakkan dengan diinkubasi dalam inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam.

#### **3.4.7 Perlakuan Pemaparan Sinar LED Biru**

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.

2. Bakteri yang tumbuh pada jus buah apel diberi pemaparan sinar LED biru 0 mW/cm<sup>2</sup>, 50 mW/cm<sup>2</sup>, 75 mW/cm<sup>2</sup>, 100 mW/cm<sup>2</sup>, dengan lama pemaparan 30 menit, 40 menit, 50 menit dan 60 menit.
3. Perlakuan untuk pemaparan sinar LED Biru diulangi sebanyak 3 kali pada sampel yang berbeda dengan variasi intensitas dan waktu yang sama.

#### **3.4.8 Perhitungan Koloni Bakteri**

1. Suspensi dari botol flakon kemudian dimasukkan ke dalam botol flakon steril yang berisi 9 ml aquades sebanyak 1 ml dan diberi tanda 10<sup>-1</sup>.
2. Suspensi 10<sup>-1</sup> yang sudah dihomogenkan kemudian diambil sebanyak 1 ml dan dimasukkan ke dalam botol flakon steril yang berisi 9 ml aquades sebagai pengenceran kedua dan diberi tanda 10<sup>-2</sup>.
3. Suspensi 10<sup>-2</sup> yang sudah dihomogenkan kemudian diambil 1 ml dan dimasukkan ke dalam botol flakon steril yang berisi 9 ml aquades sebagai pengenceran ketiga dan diberi tanda 10<sup>-3</sup>.
4. Suspensi 10<sup>-3</sup> yang sudah dihomogenkan kemudian diambil sebanyak 1 ml dan dimasukkan ke dalam botol flakon steril yang berisi 9 ml aquades sebagai pengenceran keempat dan diberi tanda 10<sup>-4</sup>.
5. Pengenceran yang sama dilakukan hingga pengenceran ke tujuh.
6. Suspensi 10<sup>-7</sup> sebanyak 1 ml dituangkan ke dalam cawan petri steril kemudian dituangkan media PCA (*Plate Count Agar*) cair kira – kira sebanyak 15 ml. Setelah itu dihomogenkan
7. Semua proses di atas dilakukan secara aseptis yaitu di dekat api bunsen.

8. Media PCA dalam cawan petri kemudian dimasukkan ke dalam inkubator dengan posisi terbalik (bagian tutup berada di bawah) setelah media tersebut menjadi padat.
9. Media PCA diinkubasi pada temperatur 37°C selama 24 jam.
10. Koloni dari bakteri *Lysteria monocytogeneses* kemudian dihitung dan diberi tanda dengan spidol untuk menghindari perhitungan ulang.

$$\sum total\ bakteri = \sum bakteri \times \frac{1}{FP}$$

#### 3.4.9 Pengujian Kadar pH

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Jus buah apel yang telah diberi paparan *Blue Light Emitting Diode* (LED Biru) intensitas 0 mW/cm<sup>2</sup>, 50 mW/cm<sup>2</sup>, 75 mW/cm<sup>2</sup>, 100 mW/cm<sup>2</sup>, dengan lama pemaparan 30 menit, 40 menit, dan 50 menit, 60 menit dimasukkan ke dalam beaker glass.
3. Kadar pH diukur dengan memasukkan pH meter ke dalam beaker glass berisi sampel.

#### 3.4.10 Penilaian Organoleptik (Warna dan aroma)

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Jus buah apel yang telah diberi paparan sinar LED biru intensitas 0 mW/cm<sup>2</sup>, 50 mW/cm<sup>2</sup>, 75 mW/cm<sup>2</sup>, 100 mW/cm<sup>2</sup>, 125 mW/cm<sup>2</sup> dengan lama pemaparan 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, dan 50 menit, dimasukkan ke dalam beaker glass.
3. Analisis warna dilakukan dengan pengambilan gambar dari setiap sampel uji dengan menggunakan kamera.

4. Analisis aroma dilakukan dengan mencium aroma sampel uji menggunakan indera penciuman (hidung).

#### **3.4.11 Pengujian Kadar Vitamin C**

1. Disiapkan alat dan bahan.
2. Jus buah apel yang telah diberi paparan sinar LED biru intensitas 0 mW/cm<sup>2</sup>, 50 mW/cm<sup>2</sup>, 75 mW/cm<sup>2</sup>, 100 mW/cm<sup>2</sup>, 125 mW/cm<sup>2</sup> dengan lama pemaparan 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, dan 50 menit, ditimbang sebanyak 1 gram.
3. Jus apel yang telah ditimbang dimasukkan dalam labu ukur dan dicampur dengan larutan aquades 50 ml.
4. Dibuat larutan induk askorbat dengan konsentrasi 100 ppm dalam 50 ml aquades.
5. Ditimbang 5 mg asam askorbat dan ditambahkan 50 ml aquades.
6. Diencerkan dalam 25 ml aquades untuk variasi konsentrasi 4,8,12 dan 16 ppm.
7. Pengukuran absorbansi dilakukan dengan alat spektrofotometri UV-Vis pada ( $\lambda = 265 \text{ nm}$ ).

### 3.5 Teknik Pengambilan Data

#### 3.5.1 Jumlah Bakteri *Lysteria monocytogeneses*

Data yang telah diperoleh berupa hasil perhitungan bakteri *Lysteria monocytogeneses* setelah diberi cahaya tampak biru (LED Biru) dengan variasi intensitas dan variasi waktu kemudian diolah dan dicatat pada tabel 3.1

Tabel 3. 1 Pengolahan Data Jumlah Bakteri

Perlakuan		Jumlah Sel Bakteri (CFU/ml)			Rata – Rata
Intensitas (mW/cm <sup>2</sup> )	Waktu (menit)	1	2	3	
Kontrol	-				
0	30				
	40				
	50				
	60				
50	30				
	40				
	50				
	60				
75	30				
	40				
	50				
	60				
100	30				
	40				
	50				
	60				

#### 3.5.2 Nilai pH

Data yang diperoleh berupa hasil pengujian pH meter dengan sampel bakteri yang tumbuh pada sari buah apel setelah dipapari sinar LED Biru dengan variasi intensitas dan lama paparan kemudiam dicatat pada tabel 3.2

Tabel 3. 2 Pengolahan Data Nilai pH

Perlakuan		pH			Keterangan
Intensitas (mW/cm <sup>2</sup> )	Waktu (menit)	1	2	3	
Kontrol	-				
0	30				
	40				
	50				
	60				
50	30				
	40				
	50				
	60				
75	30				
	40				
	50				
	60				
100	30				
	40				
	50				
	60				

### 3.5.3 Penilaian Organoleptik (warna dan aroma)

Data yang diperoleh berupa hasil penelitian oleh peneliti dengan sampel sari buah apel setelah dipapari sinar LED biru dengan variasi intensitas dan lama paparan kemudian dicatat pada tabel 3.3

Tabel 3. 3 Pengolahan Data Warna

Perlakuan		Warna			Rata - Rata
Intensitas (mW/cm <sup>2</sup> )	Waktu (menit)	1	2	3	
Kontrol	-				
0	30				
	40				
	50				
	60				
50	30				
	40				
	50				
	60				
75	30				
	40				
	50				
	60				
100	30				
	40				
	50				
	60				

Tabel 3. 4 Pengolahan Data Aroma

Perlakuan		Aroma			Rata - Rata
Intensitas (mW/cm <sup>2</sup> )	Waktu (menit)	1	2	3	
Kontrol	-				
0	30				
	40				
	50				
	60				
50	30				
	40				
	50				
	60				
75	30				
	40				
	50				
	60				
100	30				
	40				
	50				
	60				

Sangat suka: 7-9

Suka: 4-6

Tidak suka: 1-3

### 3.5.4 Kadar Vitamin C

Data yang diperoleh berupa hasil pengujian kadar vitamin C dengan sampel bakteri yang tumbuh pada sari buah apel setelah dipapari sinar LED biru dengan variasi intensitas dan lama paparan kemudian dicatat pada tabel 3.6

Tabel 3. 4 Pengolahan Data Kadar Vitamin C

Perlakuan		Vitamin C			Keterangan
Intensitas (mW/cm <sup>2</sup> )	Waktu (menit)	1	2	3	
Kontrol	-				
0	30				
	40				
	50				
	60				
50	30				
	40				
	50				
	60				
75	30				
	40				
	50				
	60				
100	30				
	40				
	50				
	60				

### 3.6 Teknik Analisis Data

Membandingkan antara bakteri *Lysteria monocytogeneses* kontrol dan bakteri yang dipapari sinar LED Biru dengan variasi intensitas dan lama pemaparan. Kemudian data yang diperoleh dianalisis dengan metode deskriptif atau grafik. Analisis yang sama dilakukan pada setiap data pada jus apel yang dipapari sinar LED Biru dengan variasi intensitas dan lama pemaparaan.

### **3.6.1 Analisis Pengaruh Intensitas dan Lama Pemaparan Sinar LED Biru Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Lysteria monocytogenes***

Analisis data pengaruh intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru terhadap pertumbuhan bakteri *Lysteria monocytogenes* pada jus apel menggunakan analisis Faktorial yaitu untuk mengetahui faktor – faktor perbedaan antar kelompok uji. Sehingga pada setiap sampel dapat diketahui perbedaan presentase bakteri pada setiap kelompok uji.

### **3.6.2 Analisis Pengaruh Intensitas dan Lama Pemaparan Sinar LED Biru terhadap Nilai pH Jus Apel**

Analisis data pengaruh sinar LED biru terhadap nilai pH jus apel menggunakan analisis Faktorial yaitu yang digunakan untuk mengetahui faktor – faktor perbedaan antar kelompok uji. Sehingga pada analisis tersebut dapat diketahui perbedaan nilai pH pada setiap kelompok uji.

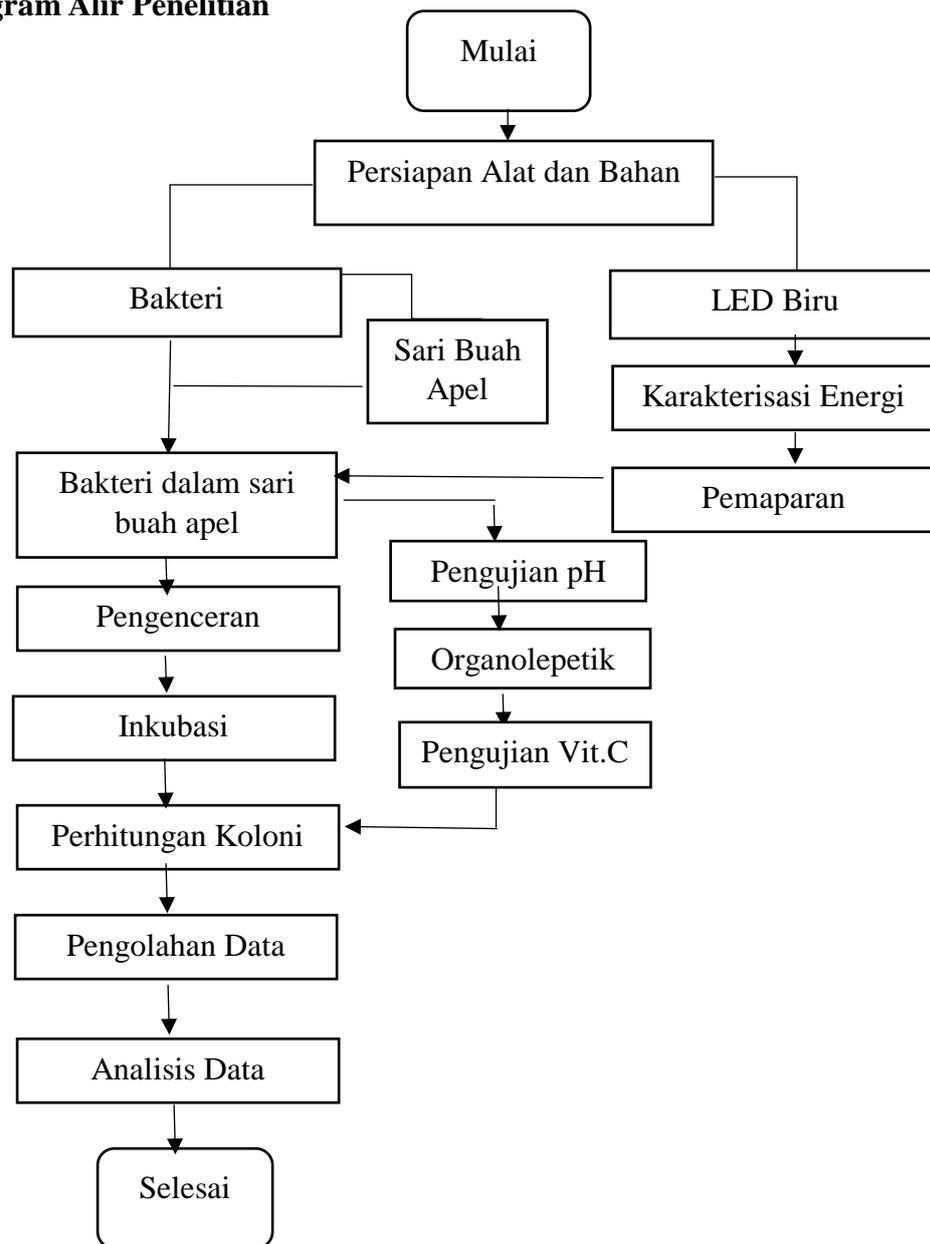
### **3.6.3 Analisis Pengaruh Intensitas dan Lama Pemaparan Sinar LED Biru Terhadap Organoleptik Jus Apel**

Analisis data pengaruh sinar LED biru terhadap organoleptik jus apel menggunakan analisis statistik non numerik dengan uji kurskal wallis menggunakan bantuan SPSS.

### **3.6.7 Analisis Pengaruh Intensitas dan Lama Pemaparan Sinar LED Biru Terhadap Kadar Vitamin C Jus Apel**

Analisis data pengaruh sinar LED biru terhadap kadar vitamin C jus apel menggunakan analisis Faktorial yaitu yang digunakan untuk mengetahui faktor – faktor perbedaan antar kelompok uji. Sehingga pada analisis tersebut dapat diketahui perbedaan kadar vitamin C pada setiap kelompok uji.

### 3.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini merupakan eksperimen yang menggunakan jus apel manalagi sebagai objek penelitian. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh dari variasi intensitas cahaya dan lama pemaparan sinar LED biru terhadap pertumbuhan bakteri *Lysteria monocytogeneses*, nilai pH, organoleptik dan vitamin C. Alat yang digunakan pada penelitian ini sebagai perlakuan pada sampel yakni sinar LED biru dengan variasi intensitas paparan 0 mW/cm<sup>2</sup>, 50 mW/cm<sup>2</sup>, 75 mW/cm<sup>2</sup> dan 100 mW/cm<sup>2</sup>. Selain variasi intensitas, penelitian ini juga menggunakan variasi lama pemaparan sinar LED biru yaitu 30 menit, 40 menit, 50 menit dan 60 menit.

#### 4.2 Data Hasil Pengamatan

##### 4.2.1 Pengaruh Intensitas dan Lama Pemaparan Sinar LED Biru terhadap Pertumbuhan Bakteri *Lysteria monocytogeneses* pada Jus Apel

Sampel yang telah disterilisasi ditumbuhi bakteri *Lysteria monocytogeneses* dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Jus apel yang telah ditumbuhi bakteri *Lysteria monocytogeneses* dipapari sinar LED biru dan dihasilkan data jumlah koloni bakteri *Lysteria monocytogeneses* dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\sum \frac{sel}{koloni} = \sum koloni \times \frac{1}{10^{-7}} CFU/ml \quad (4.1)$$

Sehingga diperoleh data koloni seperti tabel 4.1

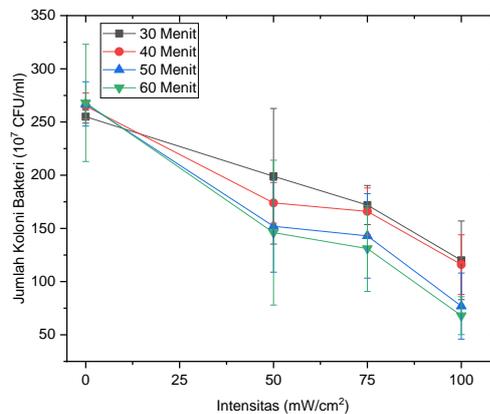
Tabel 4. 1 Data Hasil Penurunan Bakteri *Lysteria monocytogeneses*

Perlakuan		Jumlah Sel Bakteri ( $10^7$ CFU/ml)			Rata- Rata ( $10^7$ CFU/ml)
I (mW/cm)	Waktu (menit)	1	2	3	
0	30	248	260	256	$255 \pm 6,110$
	40	276	252	268	$265 \pm 12,220$
	50	284	244	274	$267 \pm 20,816$
	60	242	232	332	$268 \pm 55,075$
50	30	268	188	142	$199 \pm 63,759$
	40	184	186	152	$174 \pm 19,078$
	50	186	168	104	$152 \pm 43,096$
	60	120	96	224	$146 \pm 68,039$
75	30	176	152	188	$172 \pm 18,330$
	40	156	192	152	$166 \pm 22,030$
	50	112	130	188	$143 \pm 39,715$
	60	174	126	94	$131 \pm 40,265$
100	30	154	86	122	$120 \pm 37,004$
	40	148	94	108	$116 \pm 28,023$
	50	68	112	52	$77 \pm 31,069$
	60	62	88	54	$68 \pm 17,776$

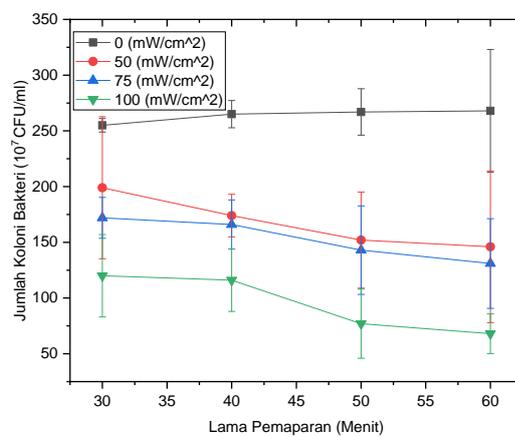
Tabel 4.1 menunjukkan bahwa sinar LED biru dengan 50 mW/cm<sup>2</sup>, 75 mW/cm<sup>2</sup> dan 100 mW/cm<sup>2</sup> dengan variasi lama pemaparan 30 menit, 40 menit, 50 menit dan 60 menit menghasilkan jumlah koloni bakteri *Lysteria monocytogeneses* yang semakin sedikit. Pada data intensitas 0 mW/cm<sup>2</sup> menghasilkan jumlah koloni bakteri *Lysteria monocytogeneses*  $255 \times 10^7$  CFU/ml naik menjadi  $268 \times 10^7$  CFU/ml. Semakin lama pemaparan sinar LED biru dengan intensitas 50 mW/cm<sup>2</sup> menyebabkan terjadinya penurunan jumlah koloni bakteri *Lysteria monocytogeneses*. Lama pemaparan 30 menit jumlah koloni bakteri *Lysteria monocytogeneses* menurun menjadi  $199 \times 10^7$  CFU/ml sedangkan pada pemaparan selama 60 menit jumlah koloni bakteri *Lysteria monocytogeneses* turun menjadi  $146 \times 10^7$  CFU/ml. Ketika intensitas sinar LED biru dinaikkan 100 mW/cm<sup>2</sup> dan lama pemaparan 30 menit jumlah koloni bakteri *Lysteria monocytogeneses* menurun menjadi  $120 \times 10^7$  CFU/ml sedangkan pada

pemaparan 60 menit menghasilkan jumlah koloni bakteri *Lysteria monocytogenes* turun menjadi  $68 \times 10^7$  CFU/ml. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas dan semakin lama pemaparan sinar LED biru menyebabkan penurunan jumlah bakteri.

Data hasil penelitian yang telah diperoleh menunjukkan pengaruh antara intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru dapat mempengaruhi jumlah koloni bakteri *Lysteria monocytogenes* pada jus apel. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.1



(a)



(b)

Gambar 4. 1 (a) Grafik Pengaruh intensitas terhadap penurunan jumlah koloni bakteri *Lysteria monocytogeneses* pada jus apel (b) Grafik Pengaruh lama pemaparan terhadap penurunan jumlah koloni bakteri *Lysteria monocytogeneses* pada jus apel

Gambar 4.1 (a) menunjukkan bahwa jumlah koloni bakteri *Lysteria monocytogeneses* pada jus apel mengalami kenaikan pada intensitas 0 mW/cm<sup>2</sup> dengan lama pemaparan 30 menit hingga 60 menit yaitu  $255 \times 10^7$  CFU/ml naik menjadi  $268 \times 10^7$  CFU/ml. Pada intensitas 50 mW/cm<sup>2</sup> menunjukkan bahwa jumlah koloni bakteri *Lysteria monocytogeneses* mengalami penurunan pada lama pemaparan 30 menit hingga 60 menit yaitu  $199 \times 10^7$  CFU/ml turun menjadi  $146 \times 10^7$  CFU/ml. Penurunan serupa terjadi pada intensitas 75 mW/cm<sup>2</sup>, dan 100 mW/cm<sup>2</sup>.

Gambar 4.1 (b) menunjukkan bahwa pemaparan sinar LED biru dengan intensitas 0 mW/cm<sup>2</sup> dan lama pemaparan hingga 60 menit menghasilkan jumlah koloni bakteri *Lysteria monocytogeneses* semakin meningkat. Sedangkan pada intensitas 50 hingga 100 mW/cm<sup>2</sup> dengan lama pemaparan 30 hingga 60 menit menghasilkan penurunan grafik yang tidak signifikan.

Berdasarkan data hasil penelitian dan grafik diatas maka dilakukan percobaan faktorial untuk mengetahui pengaruh intensitas, lama paparan dan interaksi keduanya yang memiliki pengaruh signifikan terhadap seluruh kelompok uji. Data analisis faktorial ditampilkan sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Hasil Analisis Faktorial Pada Jumlah Koloni Bakteri

	<b>Sum of Squares</b>	<b>df</b>	<b>Mean Square</b>	<b>F</b>	<b>Sig</b>
<b>Intensitas</b>	174813,333	3	58271,222	42,330	0,00
<b>Lama Paparan</b>	9255,000	3	3085,000	2,241	0,10
<b>Intensitas* Lama Paparan</b>	6376,333	9	708,481	0,515	0,85
<b>Total</b>	44050,667	48			

Analisis faktorial dilakukan untuk mengetahui faktor yang paling berpengaruh antara intensitas dan lama paparan sinar LED Biru terhadap penurunan jumlah koloni bakteri *Lysteria monocytogeneses*.

Berdasarkan analisis faktorial pada tabel 4.2 pengaruh intensitas dan lama paparan sinar LED biru terhadap pertumbuhan bakteri *Lysteria monocytogeneses* dapat disimpulkan bahwa intensitas sinar LED biru dengan nilai signifikansi 0,00 atau lebih kecil dari nilai  $\alpha$  (0,05) sehingga intensitas mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan bakteri *Lysteria monocytogeneses* atau  $H_0$  ditolak. Pada lama pemaparan didapatkan hasil nilai signifikansi sebesar 0,1 atau lebih besar dari  $\alpha$  (0,05) sehingga lama paparan tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan bakteri *Lysteria monocytogeneses* atau  $H_0$  diterima. Pada interaksi intensitas dan lama paparan didapatkan hasil signifikansi sebesar 0,85 atau lebih besar dari  $\alpha$  (0,05) sehingga interaksi intensitas dan lama pemaparan tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan bakteri *Lysteria monocytogeneses* atau  $H_0$  diterima.

Berdasarkan analisis faktorial dan intensitas sinar LED biru didapatkan nilai yang signifikan maka selanjutnya dilakukan analisis lanjut DMRT untuk

membandingkan rata – rata masing – masing data. Berikut tabel hasil analisis DMRT untuk mengetahui intensitas sinar LED biru yang berpengaruh signifikan.

Tabel 4. 3 Hasil Analisis DMRT 5% Intensitas Pada Jumlah Koloni Bakteri

<b>Intensitas mW/cm<sup>2</sup></b>	<b>Jumlah Koloni Bakteri</b>	<b>Notasi Huruf</b>
100	124,00	a
75	153,33	ab
50	168,17	b
0	264,00	c

Hasil analisis DMRT 5% pada tabel 4.3 menunjukkan pengaruh intensitas sinar LED biru terhadap jumlah koloni bakteri. Berdasarkan hasil analisis DMRT 5% perlakuan terbaik yang menghasilkan penurunan koloni yang paling besar pada intensitas 100 mW/cm<sup>2</sup>. Dengan demikian menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas yang diberikan maka hasilnya akan semakin maksimal. Dan dapat disimpulkan bahwa intensitas sinar LED biru berpengaruh nyata dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Lysteria monocytogeneses*.

#### **4.2.2 Pengaruh Intensitas dan Lama Pemaparan Sinar LED Biru terhadap Nilai pH pada Jus Apel**

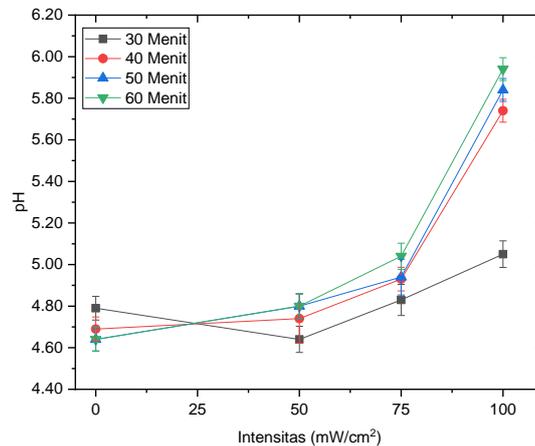
Pengukuran kadar pH dilakukan dengan menggunakan pH meter pada saat pengambilan data dengan variasi intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru. Data nilai pH jus apel setelah dipapari sinar LED biru dengan variasi intensitas dan lama pemaparan ditunjukkan pada tabel 4.4

Tabel 4. 4 Data Nilai pH Jus Apel Setelah Dipapari Sinar LED Biru

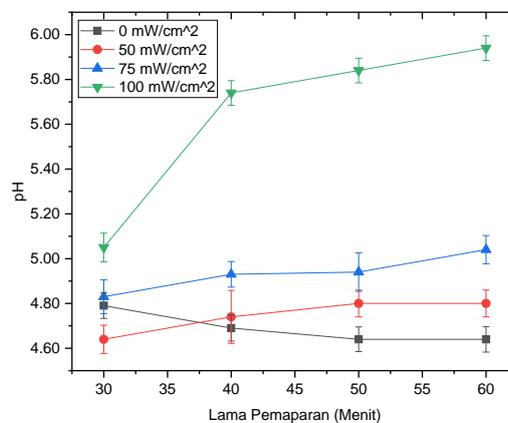
Perlakuan		pH			Rata – rata
Intensitas (mW/cm <sup>2</sup> )	Waktu (menit)	1	2	3	
0	30	4,83	4,83	4,73	4,79 ± 0,057
	40	4,72	4,63	4,74	4,69 ± 0,058
	50	4,73	4,63	4,62	4,64 ± 0,055
	60	4,73	4,64	4,61	4,64 ± 0,057
50	30	4,72	4,61	4,61	4,64 ± 0,063
	40	4,82	4,81	4,61	4,74 ± 0,118
	50	4,83	4,84	4,73	4,80 ± 0,060
	60	4,73	4,83	4,84	4,80 ± 0,060
75	30	4,91	4,76	4,82	4,83 ± 0,075
	40	4,92	4,86	5,03	4,93 ± 0,086
	50	4,91	5,01	4,91	4,94 ± 0,057
	60	5,12	5,01	5,01	5,04 ± 0,063
100	30	5,01	5,13	5,03	5,05 ± 0,064
	40	5,81	5,71	5,72	5,74 ± 0,055
	50	5,82	5,81	5,91	5,84 ± 0,055
	60	6,01	5,91	5,92	5,94 ± 0,055

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa intensitas dan lama paparan sinar LED biru dengan variasi intensitas 0 mW/cm<sup>2</sup>, 50 mW/cm<sup>2</sup>, 75 mW/cm<sup>2</sup> dan 100 mW/cm<sup>2</sup> dan variasi lama pemaparan 30 menit, 40 menit, 50 menit dan 60 menit mempengaruhi nilai pH pada jus apel. Pada intensitas 0 mW/cm<sup>2</sup> nilai pH mengalami penurunan. Lama pemaparan 30 menit nilai pH sebesar 4,79, pada lama pemaparan 60 menit nilai pH turun menjadi 4,64. Intensitas 50 mW/cm<sup>2</sup> berpengaruh terhadap peningkatan nilai pH pada jus apel pada lama pemaparan 30 menit nilai pH sebesar 4,64, pada lama pemaparan 60 menit nilai pH naik menjadi 4,80. Sedangkan pada intensitas 100 mW/cm<sup>2</sup> dan lama pemaparan 60 nilai pH naik menjadi 5,94. Semakin lama pemaparan dan semakin tingginya intensitas menyebabkan kadar pH meningkat.

Data hasil penelitian yang telah diperoleh menunjukkan pengaruh antara intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru dengan nilai pH pada jus apel. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.2



(a)



(b)

Gambar 4. 2 (a) Grafik pengaruh intensitas sinar LED biru terhadap nilai pH jus apel (b) Grafik pengaruh lama pemaparan sinar LED biru terhadap nilai pH jus apel

Gambar 4.2 (a) menunjukkan pengaruh intensitas sinar LED biru terhadap nilai pH jus apel. Berdasarkan gambar tersebut intensitas intensitas  $75 \text{ mW}/\text{cm}^2$  dengan lama pemaparan 30 menit nilai pH jus apel sebesar 4,83, lama pemaparan

40 menit nilai pH jus apel sebesar 4,93, lama paparan 50 menit nilai pH jus apel sebesar 4,94, dan lama paparan 60 menit nilai pH jus apel sebesar 5,04. Intensitas. Intensitas  $100 \text{ mW/cm}^2$  dengan lama paparan 30 menit nilai pH jus apel sebesar 5,05, lama paparan 40 menit pH jus apel sebesar 5,74, lama paparan 50 menit pH jus apel sebesar 5,84 dan lama paparan 60 menit pH jus apel sebesar 5,94. Pada gambar 4.2 (b) menunjukkan pengaruh lama paparan sinar LED biru terhadap nilai pH jus apel. Lama paparan 50 menit dengan intensitas  $0 \text{ mW/cm}^2$  nilai pH jus apel sebesar 4,79, pada intensitas  $50 \text{ mW/cm}^2$  nilai pH jus apel sebesar 4,80, pada intensitas  $75 \text{ mW/cm}^2$  nilai pH jus apel sebesar 4,94 dan pada intensitas  $100 \text{ mW/cm}^2$  nilai pH jus apel sebesar 5,94. Pada lama paparan 60 menit dengan intensitas  $0 \text{ mW/cm}^2$  nilai pH jus apel sebesar 4,64, pada intensitas  $50 \text{ mW/cm}^2$  nilai pH jus apel sebesar 4,80, pada intensitas  $75 \text{ mW/cm}^2$  nilai pH jus apel sebesar 5,04 dan pada intensitas  $100 \text{ mW/cm}^2$  nilai pH jus apel sebesar 5,94. Berdasarkan gambar 4.2 menunjukkan bahwa pada penelitian ini intensitas dan lama paparan yang optimal dalam peningkatan nilai pH berada pada intensitas  $100 \text{ mW/cm}^2$  dengan lama paparan 60 menit.

Berdasarkan data hasil penelitian dan grafik diatas maka dilakukan percobaan faktorial untuk mengetahui pengaruh intensitas, lama paparan dan interaksi keduanya yang memiliki pengaruh signifikan terhadap seluruh kelompok uji. Data analisis faktorial ditampilkan sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Hasil Analisis Faktorial Kadar pH Pada Jus Apel

	<b>Sum of Squares</b>	<b>df</b>	<b>Mean Square</b>	<b>F</b>	<b>Sig</b>
<b>Intensitas</b>	6,968	3	2,323	513,806	0,00
<b>Lama Paparan</b>	0,530	3	0,177	39,043	0,00
<b>Intensitas*Lama Paparan</b>	1,098	9	0,122	26,992	0,00
<b>Total</b>	1212,644	48			

Analisis faktorial dilakukan untuk mengetahui faktor yang paling berpengaruh antara intensitas dan lama paparan sinar LED biru terhadap kenaikan nilai pH pada jus apel.

Berdasarkan analisis faktorial pada tabel 4.5 pengaruh intensitas dan lama paparan sinar LED biru terhadap nilai pH pada jus apel dapat disimpulkan bahwa intensitas sinar LED biru dengan nilai signifikansi 0,00 atau lebih kecil dari nilai  $\alpha$  (0,05) sehingga intensitas dapat mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap pH pada jus apel atau  $H_0$  ditolak. Pada lama paparan didapatkan hasil nilai signifikansi sebesar 0,00 atau lebih besar dari  $\alpha$  (0,05) sehingga lama paparan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap nilai pH pada jus apel atau  $H_0$  ditolak. Pada interaksi intensitas dan lama paparan didapatkan hasil signifikansi sebesar 0,00 atau lebih besar dari  $\alpha$  (0,05) sehingga interaksi intensitas dan lama paparan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap terhadap nilai pH pada jus apel atau  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan analisis faktorial intensitas dan lama paparan sinar LED biru menghasilkan nilai yang signifikan maka selanjutnya dilakukan analisis lanjut DMRT untuk membandingkan rata – rata masing – masing data. Berikut tabel hasil analisis DMRT untuk mengetahui intensitas dan lama paparan sinar LED biru yang berpengaruh signifikan.

Tabel 4. 6 Hasil Analisis DMRT 5% Intensitas Terhadap Nilai pH Jus Apel

<b>Perlakuan</b>	<b>Nilai pH</b>	<b>Notasi Huruf</b>
1	4,695	a
2	4,748	a
3	4,939	b
4	5,649	c

Hasil analisis DMRT 5% pada tabel 4.6 menunjukkan pengaruh intensitas sinar LED biru terhadap kenaikan nilai pH pada jus apel. Berdasarkan hasil analisis DMRT 5% didapatkan hasil bahwa intensitas cahaya yang terbaik dalam menghasilkan kenaikan nilai pH pada jus apel pada saat intensitas 100 mW/cm<sup>2</sup>.

Tabel 4. 7 Hasil Analisis DMRT 5% Lama Pemaparan Terhadap nilai pH Jus Apel

<b>Perlakuan</b>	<b>Nilai pH</b>	<b>Notasi Huruf</b>
1	4,832	a
2	5,033	b
3	5,057	bc
4	5,109	d

Hasil analisis DMRT 5% pada tabel 4.7 menunjukkan pengaruh intensitas sinar LED biru terhadap kenaikan nilai pH pada jus apel. Berdasarkan hasil analisis DMRT 5% didapatkan hasil bahwa lama pemaparan yang paling baik dalam menghasilkan kenaikan nilai pH pada jus apel pada saat lama pemaparan 60 menit.

Tabel 4. 8 Hasil Analisis DMRT 5% pH Pada Jus Apel

Perlakuan	Nilai pH	Notasi Huruf
4	4,64 ± 0,057	a
3	4,64 ± 0,055	a
5	4,64 ± 0,063	a
2	4,69 ± 0,058	ab
6	4,74 ± 0,118	abc
1	4,79 ± 0,057	bc
7	4,80 ± 0,057	bc
8	4,80 ± 0,060	bc
9	4,83 ± 0,075	cd
10	4,93 ± 0,086	de
11	4,94 ± 0,057	de
12	5,04 ± 0,063	e
13	5,05 ± 0,064	e
14	5,74 ± 0,055	f
15	5,84 ± 0,055	fg
16	5,94 ± 0,055	g

Hasil analisis DMRT 5% pada tabel 4.8 didapatkan hasil pengaruh interaksi intensitas dan lama paparan sinar LED biru terhadap kadar pH jus apel. Perlakuan terbaik pada intensitas 100 mW/cm<sup>2</sup> dan pada lama paparan 60 menit. Dengan demikian menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru berpengaruh nyata terhadap kenaikan kadar pH pada jus apel.

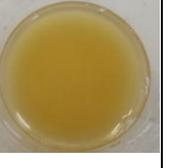
#### 4.1.3 Pengaruh Intensitas dan Lama Pemaparan Sinar LED Biru Terhadap Organoleptik Pada Jus Apel

Pengujian organoleptik meliputi warna dan aroma pada jus apel yang diberi bakteri *Lysteria monocytogeneses* dengan menggunakan 3 orang panelis pada pengujian aroma yang bertujuan untuk mengurangi kemungkinan data yang subjektif.

### a. Warna

Data organoleptik warna jus apel dihasilkan dari pengambilan gambar menggunakan kamera *handphone* setelah dipapari sinar LED biru dengan variasi intensitas dan lama pemaparan, sehingga diperoleh data pada tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Data Warna Jus Apel Setelah Dipapari Sinar LED biru

Perlakuan	Warna (Menit)			
Intensitas (mW/cm <sup>2</sup> )	30	40	50	60
0				
50				
75				
100				
Kontrol				

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa warna pada jus apel setelah dipapari sinar LED biru dengan intensitas 0 mW/cm<sup>2</sup>, 50 mW/cm<sup>2</sup>, 75 mW/cm<sup>2</sup>, dan 100

mW/cm<sup>2</sup> dengan lama paparan 30 menit, 40 menit, 50 menit, dan 60 menit mengalami perubahan yang signifikan. Warna jus apel yang mengalami perubahan signifikan dari keadaan kontrol adalah pada intensitas 100 mW/cm<sup>2</sup> dengan lama paparan 60 menit.

Dari data hasil penelitian diatas dapat ditunjukkan bahwa ketika intensitas dan lama paparan sinar LED biru meningkat dan waktu paparan yang semakin lama maka menghasilkan warna jus apel yang semakin gelap dan kurang menarik. Hal tersebut dikarenakan adanya oksidasi oleh enzim polifenol oksidase yang terdapat pada buah apel.

#### **b. Aroma**

Data organoleptik aroma jus apel diperoleh dari penilaian berskala oleh 3 orang panelis (Celine, Winda dan Gita) dengan menggunakan indera penciuman (hidung) setelah dipapari sinar LED biru dengan variasi intensitas dan lama paparan, sehingga diperoleh data pada tabel 4.10

Tabel 4. 10 Data Aroma Jus Apel Setelah Dipapari Sinar LED Biru

Perlakuan		Aroma			Rata – Rata
Intensitas (mW/cm <sup>2</sup> )	Waktu (menit)	1	2	3	
0	30	8	8	8	8 ± 0,000
	40	7	7	7	7 ± 0,000
	50	7	7	7	7 ± 0,000
	60	6	6	6	6 ± 0,000
50	30	8	8	8	8 ± 0,000
	40	8	8	7	8 ± 0,577
	50	7	6	6	6 ± 0,577
	60	7	5	5	5 ± 1,154
75	30	7	8	8	8 ± 0,577
	40	7	7	7	7 ± 0,000
	50	6	5	6	6 ± 0,577
	60	5	5	5	5 ± 0,000
100	30	5	7	7	7 ± 1,154
	40	6	6	5	6 ± 0,577
	50	5	5	5	5 ± 0,000
	60	3	3	3	3 ± 0,000

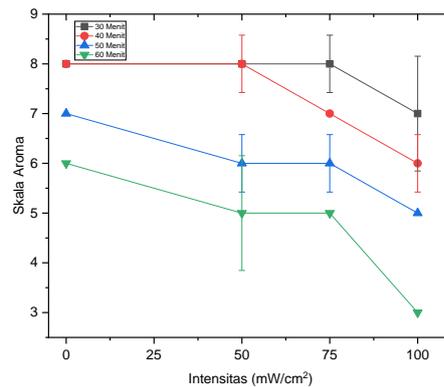
Sangat suka: 7-9

Suka: 4-6

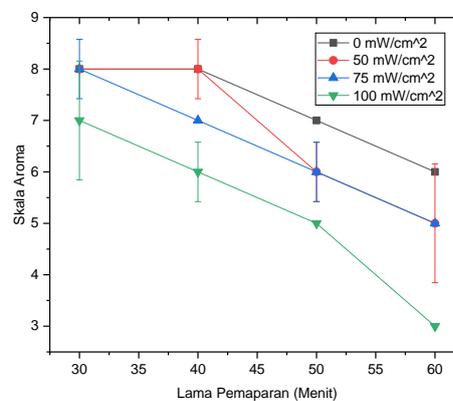
Tidak suka: 1-3

Tabel 4.10 menunjukkan bahwa aroma pada jus apel setelah dipapari sinar LED biru dengan intensitas 0 mW/cm<sup>2</sup>, 50 mW/cm<sup>2</sup>, 75 mW/cm<sup>2</sup>, 100 mW/cm<sup>2</sup> dengan lama pemaparan 30 menit, 40 menit, 50 menit, dan 60 menit mengalami perubahan yang signifikan. Aroma jus apel yang mengalami penurunan skala terbesar dari keadaan kontrol adalah pada intensitas 100 mW/cm<sup>2</sup> dengan lama pemaparan 60 menit. Ketika intensitas sinar LED biru semakin tinggi dan waktu pemaparan semakin lama menghasilkan aroma jus apel yang semakin menghilang dan tidak segar.

Data hasil penelitian yang telah diperoleh menunjukkan pengaruh antara intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru dengan aroma pada jus apel. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.3



(a)



(b)

Gambar 4. 3 (a) Grafik pengaruh intensitas sinar LED Biru terhadap aroma jus apel (b) Grafik pengaruh paparan sinar LED Biru terhadap aroma jus apel

Gambar 4.3 (a) menunjukkan bahwa pada intensitas 0 mW/cm<sup>2</sup> dan lama paparan 30 hingga 60 menit menghasilkan skala kesukaan panelis terhadap aroma jus apel menurun secara tidak signifikan yaitu 8 turun menjadi 6. Pada intensitas 50 mW/cm<sup>2</sup> dan lama paparan 30 hingga 60 menit menghasilkan skala menurun dengan lebih signifikan yaitu 8 hingga 5. Pada intensitas 75 turun menjadi 100 mW/cm<sup>2</sup> dan lama paparan 30 hingga 60 menit menghasilkan skala menurun dengan signifikan yaitu 8 turun menjadi 3. Gambar 4.3 (b) menunjukkan bahwa pada lama paparan 30 hingga 40 menit dan intensitas 0

hingga 100 mW/cm<sup>2</sup> menghasilkan skala menurun dengan tidak signifikan yaitu 8 turun menjadi 6. Pada lama pemaparan 30 hingga 60 menit dengan intensitas 0 hingga 100 mW/cm<sup>2</sup> menghasilkan skala menurun dengan signifikan yaitu 8 turun menjadi 3. Berdasarkan data hasil penelitian dan grafik diatas maka dilakukan analisis *Kurskall wallis* untuk mengetahui pengaruh intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru terhadap aroma pada jus apel. Data analisis *Kurskall wallis* ditampilkan sebagai berikut.

Tabel 4. 11 Hasil Analisis *Kurskal Wallis* Pada Aroma Jus Apel

	<b>Aroma</b>
<b>Chi-Square</b>	15,174
<b>df</b>	3
<b>Sig.</b>	0,002

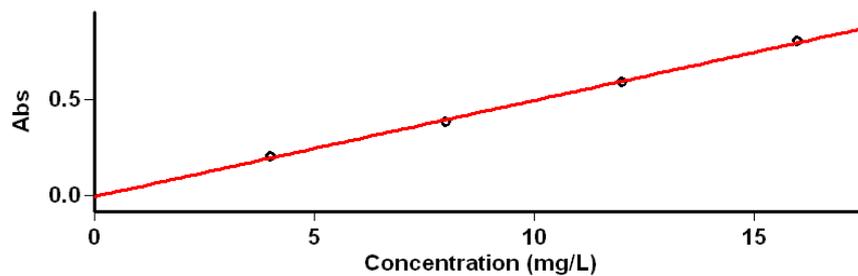
Analisis *kurskall wallis* dilakukan untuk mengetahui perbedaan yang signifikan antara pengaruh intensitas dan lama paparan sinar LED biru terhadap aroma pada jus apel.

Berdasarkan hasil analisis *kursal wallis* didapatkan hasil signifikasi sebesar 0,02 atau lebih kecil daripada alfa ( $\alpha = 0,05$ ). Hal ini menunjukkan bahwa  $H_0$  ditolak. Sehingga dapat disimpulkan bahwa intensitas sinar LED biru mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap aroma pada jus apel.

#### **4.1.4 Pengaruh Intensitas dan Lama Pemaparan Sinar LED Biru Terhadap Kadar Vitamin C Pada Jus Apel**

Sebelum dilakukan uji vitamin C pada jus apel maka terlebih dahulu dilakukan penentuan nilai absorbansi. Penentuan nilai absorbansi untuk kadar vitamin C menggunakan panjang gelombang ( $\lambda$ ) 265 nm. Kemudian dari  $\lambda$  yang ada dilakukan pengujian blanko pada larutan asam askorbat, dengan

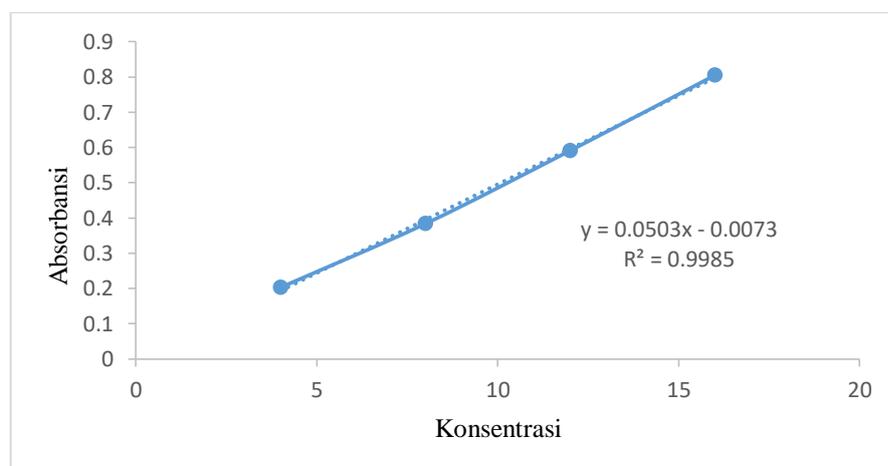
menggunakan variasi konsentrasi larutan sebesar 4, 8, 12, dan 16 ppm. Selanjutnya membuat grafik hubungan antara nilai konsentrasi dan absorbansi vitamin C yang sudah didapatkan dari proses sebelumnya, seperti terlihat pada tabel 4.12 dan hasil regresinya dapat dilihat pada gambar 4.4 yang menunjukkan garis linear.



Gambar 4. 4 Panjang Gelombang Kurva Standar Uji Vitamin C

Tabel 4. 12 Nilai Konsentrasi dan Absorbansi Vitamin C

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
4	0,203
8	0,383
12	0,590
16	0,804



Gambar 4. 5 Hasil Regresi dari Nilai Konsentrasi dan Absorbansi Vitamin C

Gambar 4.4 menunjukkan grafik dari hubungan antara nilai konsentrasi 4 ppm, 8 ppm, 12 ppm, dan 16 ppm dengan absorbansi yang didapatkan hasilnya secara berturut – turut (0,203, 0,383, 0,590, dan 0,804) pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) sebesar 265 nm. Didapatkan hasil regresi yaitu  $y=0,0503x - 0,0073$  dan  $R^2=0,9985$ .

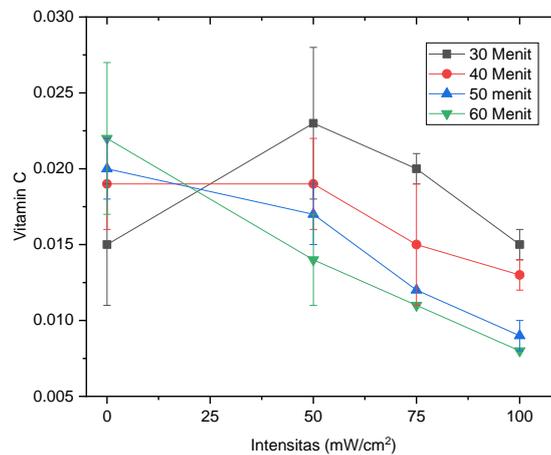
Pengujian kadar vitamin C dilakukan dengan menggunakan Spektrometer UV-Vis pada setiap pengambilan daya dengan variasi intensitas sinar LED biru. Data kadar vitamin C jus apel setelah dipapari sinar LED biru dengan variasi intensitas dan lama pemaparan ditunjukkan pada tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Data Kadar Vitamin C Jus Apel Setelah Dipapari Sinar LED Biru

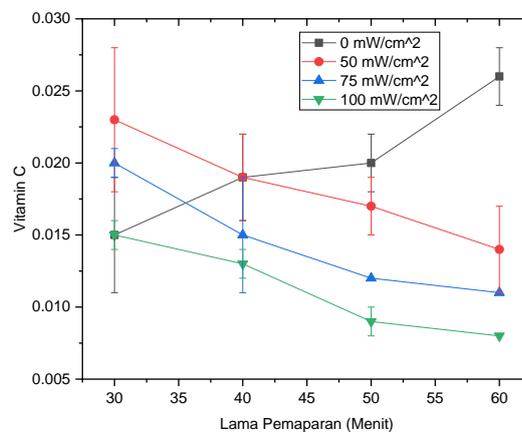
Perlakuan		Vitamin C			Rata – Rata
Intensitas (mW/cm <sup>2</sup> )	Waktu (menit)	1	2	3	
0	30	0,011	0,016	0,019	0,015 ± 0,004
	40	0,023	0,017	0,019	0,019 ± 0,003
	50	0,022	0,021	0,018	0,020 ± 0,002
	60	0,024	0,028	0,028	0,026 ± 0,002
50	30	0,026	0,022	0,019	0,023 ± 0,005
	40	0,023	0,017	0,019	0,019 ± 0,003
	50	0,018	0,019	0,014	0,017 ± 0,002
	60	0,012	0,019	0,012	0,014 ± 0,003
75	30	0,019	0,022	0,019	0,020 ± 0,001
	40	0,020	0,012	0,014	0,015 ± 0,004
	50	0,012	0,012	0,012	0,012 ± 0,000
	60	0,011	0,011	0,011	0,011 ± 0,000
100	30	0,016	0,016	0,014	0,015 ± 0,001
	40	0,013	0,013	0,014	0,013 ± 0,001
	50	0,011	0,008	0,009	0,009 ± 0,001
	60	0,008	0,009	0,009	0,008 ± 0,000

Tabel 4.13 menunjukkan bahwa kadar vitamin C tertinggi terdapat pada intensitas 0 mW/cm<sup>2</sup> sebesar 0,026 mg/ml dengan lama pemaparan 60 menit. Kadar vitamin C terendah pada intensitas 100 mW/cm<sup>2</sup> dan lama pemaparan 60

menit sebesar 0,008 mg/ml. Intensitas 50 mW/cm<sup>2</sup> dengan lama pemaparan 50 menit kadar vitamin C sebesar 0,017 mg/ml, sedangkan pada lama pemaparan 60 menit kadar vitamin C turun menjadi 0,014 mg/ml. Intensitas 75 mW/cm<sup>2</sup> dengan lama pemaparan 50 menit kadar vitamin C sebesar 0,012 mg/ml, sedangkan pada lama pemaparan 60 menit turun menjadi 0,011 mg/ml. Data hasil penelitian yang telah diperoleh menunjukkan pengaruh antara intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru dengan vitamin pada jus apel. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4.



(a)



(b)

Gambar 4. 6 (a) Pengaruh Intensitas Sinar LED Biru Terhadap Kadar Vitamin C Jus Apel (b) Pengaruh Lama Pemaparan Sinar LED Biru Terhadap Kadar Vitamin C Jus Apel

Gambar 4.5 (a) menunjukkan pengaruh intensitas LED biru terhadap kadar vitamin C. Pada intensitas  $75 \text{ mW/cm}^2$  dengan lama pemaparan 30 menit kadar vitamin C pada jus apel sebesar  $0,020 \text{ mg/ml}$ , lama pemaparan 40 menit kadar vitamin C pada jus apel sebesar  $0,015 \text{ mg/ml}$ , lama pemaparan 50 menit nilai pH jus apel sebesar  $0,012 \text{ mg/ml}$  dan pada pemaparan 60 menit nilai pH jus apel sebesar  $0,011 \text{ mg/ml}$ . Intensitas  $100 \text{ mW/cm}^2$  dengan lama pemaparan 30 menit nilai pH jus apel sebesar  $0,015 \text{ mg/ml}$ , lama pemaparan 40 menit nilai pH jus apel sebesar  $0,013 \text{ mg/ml}$ , lama pemaparan 50 menit nilai pH jus apel sebesar  $0,009 \text{ mg/ml}$  dan pada lama pemaparan 60 nilai pH jus apel sebesar  $0,008 \text{ mg/ml}$ . Gambar 4.5 (b) menunjukkan pengaruh intensitas LED biru terhadap kadar vitamin C. Lama pemaparan 50 menit dengan intensitas  $0 \text{ mW/cm}^2$  kadar vitamin C pada jus apel sebesar  $0,020 \text{ mg/ml}$ , intensitas  $50 \text{ mW/cm}^2$  kadar vitamin C pada jus apel sebesar  $0,017 \text{ mg/ml}$ , intensitas  $75 \text{ mW/cm}^2$  kadar vitamin C pada jus apel sebesar  $0,012 \text{ mg/ml}$  dan pada intensitas  $100 \text{ mW/cm}^2$  kadar vitamin C pada jus apel sebesar  $0,008 \text{ mg/ml}$ . Berdasarkan gambar 4.6 menunjukkan perlakuan paling efektif untuk menurunkan kadar vitamin C adalah intensitas  $100 \text{ mW/cm}^2$  dan lama pemaparan 60 menit.

Berdasarkan data hasil penelitian dan grafik diatas maka dilakukan percobaan faktorial untuk mengetahui pengaruh intensitas, lama paparan dan interaksi keduanya yang memiliki pengaruh signifikan terhadap seluruh kelompok uji. Data analisis faktorial ditampilkan sebagai berikut:

Tabel 4. 14 Hasil Analisis Faktorial Kadar Vitamin C Pada Jus Apel

	<b>Sum of Squares</b>	<b>df</b>	<b>Mean Square</b>	<b>F</b>	<b>Sig</b>
<b>Intensitas</b>	0,001	3	0,000	25,494	0,00
<b>Lama Paparan</b>	0,000	3	0,000	5,372	0,04
<b>Intensitas*Lama Paparan</b>	0,000	9	0,000	5,962	0,00
<b>Total</b>	0,015	48			

Analisis faktorial dilakukan untuk mengetahui faktor yang paling berpengaruh antara intensitas dan lama paparan sinar LED biru terhadap kenaikan vitamin C pada jus apel. Berdasarkan analisis faktorial pengaruh intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru terhadap vitamin C dapat diketahui bahwa sinar LED biru dengan nilai signifikansi 0,00 atau lebih kecil dari nilai  $\alpha$  (0,05) sehingga intensitas dapat mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap vitamin C pada jus apel atau  $H_0$  ditolak. Pada lama paparan didapatkan hasil nilai signifikansi sebesar 0,00 atau lebih besar dari  $\alpha$  (0,05) sehingga lama paparan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap vitamin C pada jus apel atau  $H_0$  ditolak. Pada interaksi intensitas dan lama pemaparan didapatkan hasil signifikansi sebesar 0,02 atau lebih kecil dari  $\alpha$  (0,05) sehingga interaksi intensitas dan lama pemaparan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap terhadap vitamin C pada jus apel atau  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan analisis faktorial intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru menghasilkan nilai yang signifikan maka selanjutnya dilakukan analisis lanjut DMRT untuk membandingkan rata – rata masing – masing data. Berikut tabel hasil analisis DMRT untuk mengetahui intensitas dan lama paparan sinar LED biru yang berpengaruh signifikan.

Tabel 4. 15 Hasil Analisis DMRT 5% Pengaruh Intensitas Terhadap Vitamin C Pada Jus Apel

<b>Perlakuan</b>	<b>Kadar Vitamin C</b>	<b>Notasi Huruf</b>
4	0,01167	a
3	0,01458	b
2	0,01858	c
1	0.02075	c

Hasil Analisis DMRT 5% pada tabel 4.3 menunjukkan pengaruh intensitas LED terhadap penurunan kadar vitamin C pada jus apel. Berdasarkan hasil analisis DMRT 5% didapatkan hasil bahwa intensitas cahaya yang paling baik dalam menghasilkan penurunan kadar vitamin C pada jus apel pada saat intensitas 100 mW/cm<sup>2</sup>.

Tabel 4. 16 Hasil Analisis DMRT 5% Pengaruh Lama Pemaparan Terhadap Vitamin C Pada Jus Apel

<b>Perlakuan</b>	<b>Kadar Vitamin C</b>	<b>Notasi Huruf</b>
4	0,01467	a
3	0,01517	a
2	0,01700	ab
1	0.01875	b

Hasil analisis DMRT 5% pada tabel 4.3 menunjukkan pengaruh Data hasil penelitian yang telah diperoleh menunjukkan pengaruh antara intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru dengan aroma pada jus apel. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.3

Berdasarkan hasil analisis DMRT 5% didapatkan hasil bahwa lama pemaparan yang paling baik dalam menghasilkan penurunan kadar vitamin C yang paling efektif adalah saat lama pemaparaan 60 menit.

Tabel 4. 17 Hasil Analisis DMRT 5% Kadar Vitamin C Pada Jus Apel

Perlakuan	Kadar Vitamin C	Notasi Huruf
16	0,008 $\mp$ 0,000	a
15	0,009 $\mp$ 0,001	ab
12	0,011 $\mp$ 0,000	abc
11	0,012 $\mp$ 0,000	abcd
14	0,013 $\mp$ 0,001	abcd
8	0,014 $\mp$ 0,003	bcd
10	0,015 $\mp$ 0,001	cde
13	0,015 $\mp$ 0,001	cde
1	0,016 $\mp$ 0,004	de
7	0,017 $\mp$ 0,002	de
2	0,019 $\mp$ 0,003	ef
6	0,019 $\mp$ 0,003	ef
9	0,020 $\mp$ 0,001	ef
3	0,020 $\mp$ 0,002	ef
5	0,023 $\mp$ 0,005	fg
4	0,026 $\mp$ 0,002	g

Hasil analisis DMRT 5% pada tabel 4.6 menunjukkan pengaruh interaksi intensitas dan lama paparan Data hasil penelitian yang telah diperoleh menunjukkan pengaruh antara intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru dengan aroma pada jus apel. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.3.

Perlakuan terbaik pada intensitas 100 mW/cm<sup>2</sup> dan pada lama paparan 60 menit. Dengan demikian menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru berpengaruh nyata terhadap penurunan kadar vitamin C pada jus apel.

### 4.3 Pembahasan

#### 4.3.1 Pengaruh Intensitas dan Lama Pemaparan Sinar LED Biru Terhadap Jumlah Bakteri *Listeria monocytogenes* pada Jus Apel

Pemaparan Data hasil penelitian yang telah diperoleh menunjukkan pengaruh antara intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru dengan aroma pada jus apel. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.3.

Sinar LED biru dapat mempengaruhi jumlah bakteri *Lysteria monocytogeneses* pada jus apel. Bakteri *Lysteria monocytogeneses* yang diberi paparan sinar LED biru pada intensitas 50 mW/cm<sup>2</sup>, 75 mW/cm<sup>2</sup>, dan 100 mW/cm<sup>2</sup> dengan lama pemaparan 30 menit, 40 menit, 50 menit, dan 60 menit mempunyai nilai rata – rata kematian bakteri *Lysteria monocytogeneses* yang lebih besar dibandingkan dengan sampel dengan intensitas 0 mW/cm<sup>2</sup>. Berdasarkan tabel 4.1 menunjukkan bahwa semakin besar intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru maka semakin besar juga rata – rata penurunan jumlah koloni bakteri *Lysteria monocytogeneses*.

Hal ini disebabkan oleh terjadinya mekanisme *Photodynamic Terapi* (PDT) atau inaktivasi bakteri dengan fotodinamik. Mekanisme *Photodynamic Terapi* (PDT) mempunyai berbagai macam proses, termasuk fotofisika yang terjadi karena interaksi cahaya terhadap sel bakteri (S. D. Astuti et al., 2011). Dimulai dengan absorpsi foton cahaya oleh molekul porifin yang digunakan untuk membangkitkan dalam keadaan pertama dan kemudian sistem dalam memotong keadaan triplet. Dalam proses ini, flouresensi diserap dari keadaan pertama ke keadaan dasar dan energi dapat dihilangkan melalui perusakan bukan radiasi. Dari keadaan triplet, energi yang hilang akan menghasilkan pancaran sinar atau radiasi fosforensi dengan waktu hidup yang lama (mikrodetik), kemudian energi tersebut dilanjutkan kepada oksigen terdekat untuk menghasilkan jenis reaksi oksigen dan sebagian dari energi yang lain akan mengalami proses fotokimia (Karatki, 2001). Fotokimia merupakan perubahan kimia yang disebabkan oleh cahaya (Coyle, 1991).

Proses fotokimia terjadi ketika molekul yang tereksitasi secara optis bereaksi secara langsung dengan substrat yaitu dengan mentransfer sebuah proton atau elektron membentuk anion atau kation radikal yang akan bereaksi dengan oksigen dan menghasilkan oksigeneratif. Superoksida anion yang terbentuk akan bereaksi dengan substrat menghasilkan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) (Plaetzer, 2009). Pada konsentrasi tinggi hidrogen peroksida bereaksi dengan superoksida anion membentuk hidroksil radikal yang dengan mudah berdifusi melalui membran dan merusak sel (Clark, 2009). Reaksi fotokimia pada bakteri *Listeria monocytogenes* dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri *Listeria monocytogenes*.

Hasil analisis data menunjukkan bahwa intensitas LED biru lebih berpengaruh dibandingkan dengan lama pemaparan. Dengan demikian membuktikan bahwa semakin tinggi intensitas yang diberikan maka semakin sedikit jumlah koloni bakteri yang masih aktif. Namun, lama pemaparan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap pertumbuhan bakteri *Listeria monocytogenes*. Hasil uji faktorial juga menunjukkan bahwa faktor intensitas cahaya berpengaruh terhadap penurunan jumlah koloni bakteri *Listeria monocytogenes* dengan nilai  $p = 0,00 < \alpha (0,05)$ . Semakin besar intensitas cahaya yang dipaparkan maka jumlah koloni bakteri semakin berkurang. Sedangkan pada lama pemaparan menunjukkan nilai  $p = 0,12 > \alpha (0,05)$ . Hal ini disebabkan karena rentang waktu yang relatif kecil belum cukup mampu untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Listeria monocytogenes* pada jus apel.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sinar LED biru mampu menurunkan jumlah bakteri *Lysteria monocytogeneses* pada jus apel, dimana jumlah bakteri *Lysteria monocytogeneses* sebelum diberi paparan sinar LED biru jumlah koloni sebesar  $268 \times 10^7$  CFU/ml dan setelah dipapari sinar LED biru dengan intensitas  $100 \text{ mW/cm}^2$  selama 60 menit maka jumlah koloninya menjadi  $68 \times 10^7$  CFU/ml.

#### **4.3.2 Pengaruh Intensitas dan Lama Pemaparan Sinar LED Biru Terhadap Nilai pH Jus Apel**

Pada data hasil penelitian pengaruh intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru dapat mempengaruhi nilai pH pada jus apel. Semakin tinggi intensitas dan lama pemaparan maka semakin tinggi juga nilai pH pada jus apel. Data tersebut dapat dilihat pada tabel 4.4 yang menunjukkan bahwa pada intensitas  $50 \text{ mW/cm}^2$ ,  $75 \text{ mW/cm}^2$ , dan  $100 \text{ mW/cm}^2$  dengan lama perlakuan 30 menit, 40 menit, dan 60 menit memiliki kenaikan nilai pH yang lebih besar dibandingkan sampel dengan intensitas  $0 \text{ mW/cm}^2$ . Nilai pH terendah akibat intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru terjadi pada intensitas  $0 \text{ mW/cm}^2$  dengan lama pemaparan 50 menit dan 60 menit. Kenaikan nilai pH akibat dari pengaruh intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru terjadi pada intensitas  $50 \text{ mW/cm}^2$  hingga  $100 \text{ mW/cm}^2$ . Sedangkan kenaikan nilai pH tertinggi terjadi pada intensitas  $100 \text{ mW/cm}^2$  dengan lama pemaparan 60 menit. Hal tersebut terjadi karena adanya pemaparan sinar LED biru yang menyebabkan bakteri tidak dapat merombak secara maksimal senyawa yang terkandung dalam jus apel sehingga ion  $\text{H}^+$  semakin sedikit, menyebabkan nilai pH tersebut meningkat seiring dengan peningkatan intensitas pemaparan. Perlakuan menggunakan cahaya tampak pada sari buah menyebabkan mikroba tidak dapat meningkatkan

produksi asam, sehingga menurunkan nilai total asam dan menaikkan nilai pH (Feng et al., 2013).

Nilai pH merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri, sehingga nilai pH termasuk dalam salah satu parameter daya awet suatu produk pangan (Trenggono, 2004). Mikroba atau bakteri dapat tumbuh pada rentang nilai pH tertentu, proses metabolisme dapat menyebabkan perbedaan nilai pH yang terjadi didalam sel yang terakumulasi produk metabolisme yang asam maupun basa (Afrianti et al., 2013).

Pemaparan sinar LED biru juga dapat merusak sistem metabolisme dari mikroba, sehingga nilai pH pada produk juga mengalami perubahan, dan pemaparan sinar LED biru dengan panjang gelombang 455 - 492 nm menghasilkan perubahan nilai pH yang signifikan. Seperti halnya yang telah dinyatakan Sugiarto (2004) makin kecil konsentrasi asam larutan maka makin besar nilai pH pada sari buah, dan sebaliknya.

Nilai pH 3,0 dan 4,0 merupakan nilai yang umumnya terdapat pada sari buah. Hal ini dijelaskan dalam SNI 01-3719-1995, Badan Standarisasi Nasional Peraturan BPOM No.36 tahun 2013 yang menyatakan bahwa nilai pH maksimal pada sari buah adalah 4,0. Sedangkan nilai pH pada jus apel yang dihasilkan oleh pemaparan sinar LED biru melebihi batas tersebut, hal ini dikarenakan oleh proses sterilisasi jus apel yang menggunakan suhu tinggi yang cenderung akan meningkatkan nilai pH dengan hilangnya asam – asam organik, diantaranya asam sitrat, asam askorbat dan asam lainnya (Dari & Junita, 2021).

### **4.3.3 Pengaruh Intensitas dan Lama Pemaparan Sinar LED Biru terhadap Organoleptik Jus Apel**

Penilaian organoleptik sangat banyak digunakan untuk menilai mutu dalam industri pangan maupun industri pertanian lainnya. Uji organoleptik dilakukan untuk mengetahui warna, rasa, aroma maupun tekstur. Menurut Kartika (1998) uji kesukaan merupakan pengujian yang meminta panelis mengemukakan responnya berupa suka atau tidaknya terhadap sifat bahan yang diuji. Pada penelitian ini uji organoleptik yang digunakan adalah uji warna dan aroma.

Pengaruh intensitas dan lama pemaparan LED biru dapat mempengaruhi perubahan warna pada jus apel. Warna adalah komponen yang berpengaruh untuk menentukan kualitas suatu bahan makanan maupun minuman, yang dapat dinilai menggunakan indera penglihatan manusia. Nilai kesukaan panelis tertinggi terhadap sifat organoleptik warna jus apel yaitu pada keadaan kontrol. Panelis dapat membedakan perubahan warna jus apel setelah dipapari LED biru ketika intensitas dan lama pemaparan meningkat. Data hasil penelitian pada tabel 4.9 menunjukkan perubahan warna pada masing masing sampel. Pada intensitas  $0 \text{ mW/cm}^2$ ,  $50 \text{ mW/cm}^2$ ,  $75 \text{ mW/cm}^2$ , dan pada intensitas  $100 \text{ mW/cm}^2$  dengan lama pemaparan 30 menit, 40 menit, 50 menit, dan 60 menit mengalami perubahan yang signifikan. Warna jus apel yang mengalami perubahan warna yang signifikan dari keadaan kontrol adalah pada intensitas  $100 \text{ mW/cm}^2$  dan pada lama pemaparan 60 menit. Hal tersebut disebabkan oleh pengaruh cahaya yang terlalu lama dapat merubah warna buah. Radiasi sinar tampak dapat merusak pigmen warna dalam sari buah seperti betakaroten dalam sari buah wortel (Dari & Junita, 2021).

Reaksi ini terjadi apabila jaringan terpotong, terkupas dan karena kerusakan secara mekanis yang dapat menyebabkan kerusakan integritas jaringan. Reaksi ini terjadi pada buah – buahan atau sayuran yang mengandung substrat senyawa fenolik (Kempt, 2009).

Selain dapat mempengaruhi perubahan warna pada jus apel, intensitas dan lama pemaparan LED biru juga dapat mempengaruhi aroma pada jus apel. Data hasil penelitian pada tabel 4.10 dengan intensitas 0 mW/cm<sup>2</sup>, 50 mW/cm<sup>2</sup>, 75 mW/cm<sup>2</sup>, dan pada intensitas 100 mW/cm<sup>2</sup> dengan lama pemaparan 30 menit, 40 menit, 50 menit, dan 60 menit mengalami perubahan aroma jus apel yang signifikan. Nilai kesukaan tertinggi terhadap sifat organoleptik aroma jus apel dari panelis yaitu pada keadaan kontrol. Aroma adalah sifat sensori yang paling sulit untuk diklasifikasikan dan dijelaskan karena macamnya begitu besar (Listiorini, 2014).

Aroma juga dapat mempengaruhi kualitas suatu minuman yang dinilai menggunakan indera penciuman (hidung). Untuk membedakan aroma jus apel setelah jus apel dipapari sinar LED biru panelis merasa kesulitan. Pengaruh intensitas sinar LED biru tidak berpengaruh besar pada tingkat kesukaan panelis terhadap aroma jus apel. Pemaparan sinar LED biru tidak menimbulkan pengaruh yang signifikan terhadap sifat fisiko – kimia sari buah, tetapi berpengaruh signifikan terhadap karakter mikrobiologi (Devi Arinda, 2015).

Aroma khas yang ditimbulkan buah dipengaruhi oleh senyawa volatil yang terdapat pada buah seperti ester, keton, alkohol dan aldehid. Senyawa volatil pada buah berpengaruh pada aroma yang dimiliki buah. Senyawa volatil merupakan senyawa yang mudah menguap. Apabila komponen dalam senyawa

volatil mengalami penguapan maka akan mengalami penurunan mutu. Hal ini sesuai dengan penurunan kualitas aroma jus apel yang disebabkan oleh pemaparan sinar LED biru (Devi Arinda, 2015).

Sifat organoleptik jus apel tidak hanya dipengaruhi oleh intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru tetapi juga dipengaruhi oleh proses oksidasi yang terjadi pada jus apel .

#### **4.3.4 Pengaruh Intensitas dan Lama Pemaparan Sinar LED Biru Terhadap Vitamin C pada Jus Apel**

Kesadaran konsumen akan pentingnya vitamin C bagi manusia, vitamin C dianggap sebagai indeks kualitas pada buah. Vitamin C atau asam askorbat merupakan salah satu vitamin penting dalam berbagai macam proses biologis. Dalam keadaan terlarut vitamin C ini mudah rusak atau *perisable* oleh proses oksidasi terutama bila terkena cahaya dan panas. Sumber vitamin C umumnya terdapat pada bahan nabati, seperti sayur dan buah – buahan (Sudiarta, 2021). Vitamin C merupakan vitamin yang mudah teroksidasi, yang dapat dipercepat dengan adanya panas, sinar, dan temperatur yang tinggi (Faralia, 2012). Vitamin C banyak terdapat pada hampir semua buah – buahan yang mempunyai rasa masam, diantaranya kiwi, belimbing, stroberi, lemon dan apel (Murtie, 2014).

Dalam penelitian ini diketahui bahwa variasi intensitas dan lama pemaparan LED biru berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan kadar vitamin C buah apel. Data tersebut dapat dilihat pada tabel 4.13 yang menunjukkan bahwa intensitas LED biru 50 mW/cm<sup>2</sup>, 75 mW/cm<sup>2</sup>, dan 100 mW/cm<sup>2</sup> dengan lama pemaparan 30 menit, 40 menit, 50 menit, dan 60 menit menunjukkan nilai penurunan kadar vitamin C. Rata – rata penurunan tertinggi terjadi pada intensitas 100 mW/cm<sup>2</sup> dengan lama pemaparan 60 menit. Hal tersebut terjadi karena

intensitas dan lama pemaparan LED biru mampu menurunkan aktivitas enzim asam askorbat.

Penurunan kadar vitamin C tersebut dikarenakan vitamin C mudah sekali terdegradasi baik oleh temperatur, cahaya maupun udara sekitar sehingga kadar vitamin C berkurang. Proses kerusakan atau penurunan kadar vitamin C ini disebut oksidasi. Apabila kadar vitamin C ingin dipertahankan maka dapat mengurangi intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru pada saat pemaparan. Kastama (2021) pada 100 gr ubi ungu akan mengalami penurunan kandungan gizi, yakni pada kadar vitamin C  $0,031\mu\text{g}$  pada paparan sinar LED biru pada intensitas 150 cd. Semakin besar paparan yang mengenai sampel, maka kadar vitamin C yang dihasilkan akan mengalami penurunan, sehingga kurang efisien untuk kehidupan yang akan mendatang.

Namun, pada intensitas  $0\text{ mW/cm}^2$  dengan lama pemaparan 30 menit, 40 menit, 50 menit dan 60 menit kadar vitamin C pada jus apel mengalami kenaikan. Menurut Nizori dkk (2007) bahwa nilai keasaman berhubungan erat dengan meningkatnya aktivitas metabolisme sehingga produksi vitamin C meningkat.

#### **4.4 Kajian Integrasi Islam**

Al – Qur'an adalah firman Allah SWT yang diturunkan sebagai pedoman hidup dan petunjuk bagi umat manusia agar mendapatkan kseselamatan dan keberkahan di dunia dan di akhirat. Al – Qur'an menjelaskan mengenai bukti kebenaran dan kekuasaan Allah SWT dalam menciptakan dan mengatur alam semesta dan seisinya dengan sempurna dan mempunyai manfaat. Allah menciptakan makhluk berupa tanaman untuk menunjukkan ke-EsaanNya. Agar manusia dapat berfikir dan belajar untuk bisa memanfaatkan tanaman itu dengan baik dan menjaga kelangsungan

hidupnya. Seperti penciptaan buah apel yang mengandung vitamin C yang baik untuk kesehatan tubuh. Penciptaan buah apel juga membuktikan bahwa Allah Maha pemberi rezeki dengan menciptakan segala jenis buah – buahan agar dapat dimanfaatkan oleh manusia. Allah berfirman dalam surat An – Nahl ayat 11:

يُنْبِتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ وَالْأَعْنَابَ وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ

*“Dia menumbuhkan bagi kamu dengan air hujan itu tanam – tanaman; zaitun, korma anggur dan segala macam buah – buahan. Sesungguhnya pada demikian itu benar – benar tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memikirkan”* (Q.S An-Nahl[16]:11)

Berdasarkan ayat tersebut, dalam tafsir Min fathil qadir oleh Dr. Muhammad Sulaiman Al Asyqar (1992) pada kalimat *وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ* “*dan segala macam buah – buahan*” seperti buah zaitun, kurma, anggur dan termasuk juga buah apel. Semua hal yang diberikan kepada hambanya sebagai bukti kasih sayang Allah kepada umatNya, yaitu berupa buah – buahan yang merupakan sedikit dari sekian rezeki yang diberikan Allah kepada seluruh umatNya. Oleh karena itu kita sebagai umat manusia harus memiliki rasa ingin belajar yang tinggi mengenai segala kebesaran ilmu Allah dengan menjadi hambaNya yang selalu berfikir bahwa Allah menciptakan segala sesuatu dimuka bumi ini tidaklah sia – sia. Seperti halnya tanaman apel yang memiliki berbagai manfaat yang baik untuk kesehatan manusia.

Selain kenikmatan – kenikmatan yang Allah berikan seperti penciptaan tumbuhan apel agar bermanfaat bagi hambaNya, Allah juga menurunkan ujian berupa penyakit agar manusia bersabar dan berusaha melalui perbuatan dan doa untuk mendapatkan kesembuhan, bagi orang yang beriman akan memiliki rasa syukur atas nikmat sehat sebelum sakit. Penyakit listeriosis bisa melalui perantara seperti bakteri *Lysteria monocytogeneses* yang dapat menyebabkan penyakit berbahaya bagi manusia. Allah SWT berfirman dalam Q.S ali Imran(3):191

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقَعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

“(yaitu) orang – orang yang mengingat Allah SWT sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): “Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia – sia, Maha Suci Engkau, Maka periharalah kami dari siksa neraka” (Q.S Ali – Imran (3):191).

Dalam tafsir Tabari oleh Imam Ja’far Muhammad bin Jarir ath – Thabari (2008) menjelaskan bahwa semua yang diciptakan Allah SWT tidak akan sia – sia. Pada lafadz kata *هَذَا بَطْلًا مَا خَلَقْتَ* (tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia – sia) . Makna dari kata tersebut adalah bahwa Allah SWT tidak menciptakan penciptaan ini dengan tanpa alasan dan sia – sia, dan Allah SWT tidak menciptakannya kecuali Allah SWT berkehendak mencipttakan makhluk hidup dengan berbagai macam jenisnya, mulai dari makhluk hidup mikroskopis hingga makhluk hidup makroskopis, seperti bakteri. Seperti halnya Allah menciptakan bakteri *Listeria monocytogeneses* adalah agar orang – orang semakin beriman kepadaNya dan berfikir bahwa Allah tidaklah menciptakan penyakit tanpai disertai upaya pencegahannya.

Salah satu upaya pencegahan penyakit listeriosis yang disebabkan oleh penyebaran bakteri *Listeria monocytogeneses* pada apel saat ini menggunakan bahan kimia yang dapat menimbulkan kerusakan pada lingkungan. Padahal Allah SWT memerintahkan kita sebagai umatNya untuk selalu senantiasa menjaga lingkungan dari kerusakan. Allah berfirman dalam surat Al – Baqarah ayat 205:

وَإِذَا تَوَلَّىٰ سَعَىٰ فِي الْأَرْضِ لِيُفْسِدَ فِيهَا وَيُهْلِكَ الْحَرْثَ وَالنَّسْلَ ۗ وَاللَّهُ لَا يُحِبُّ الْفُسَادَ

“Dan apabila dia berpaling (dari engkau), ia berusaha untuk berbuat kerusakan di bumi, serta merusak tanam – tanaman dan ternak, sedang Allah tidak menyukai kerusakan” (Q.S Al-Baqarah[2]:205)

Dalam tafsir Ibnu Katsir Allah menyampaikan bahwasanya Ia membenci orang-orang yang menyebabkan kerusakan pada lingkungan. Kemudian pada kalimat “وَيُهْلِكُ الْخَرْبَ” (dan merusak tanam – tanaman) bahwasanya orang yang merusak tanam – tanamam, termasuk ke dalam pengertian persawahan dan buah – buahan termasuk orang yang munafik. Mereka mengaku dirinya pembaharu dan mengajak kepada perbaikan, tetapi sikapnya bertentangan dengan perkataannya dan mereka gemar menimbulkan kerusakan di lingkungan. Oleh karena itu agar kita dijauhkan dari munafik sebagai orang yang mukmin harus senantiasa menjaga lingkungan dari kerusakan. Sehingga sebagai seorang mukmin akan senantiasa berfikir bagaimana mencari solusi atas sebuah penyakit tanpa menimbulkan kerusakan pada lingkungan.

Penelitian ini merupakan salah satu bentuk upaya dalam menangani penyakit listeriosis yang disebabkan jus apel yang terpapar bakteri *Lysteria monocytogeneses*. Manusia sebagai makhluk yang berakal dan mempunyai fikiran agar dapat berfikir secara luas melalui riset dengan memanfaatkan teknologi berupa sinar LED biru yang terdapat pada sinar matahari yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Lysteria monocytogeneses* yang terdapat dalam jus apel. Sinar LED biru mampu menghasilkan cahaya yang diserap oleh elektron – elektron atau molekul yang mampu berinteraksi dengan membran sel bakteri. Interaksi cahaya LED biru yaitu cahaya akan mengenai bakteri, cahaya yang mengenai bakteri tersebut akan diabsorpsi dan selanjutnya sel bakteri akan mengalami eksitasi sehingga bakteri yang terpapar cahaya akan menghasilkan dua macam keadaan tereksitasi yaitu keadaan singlet dan triplet dan bakteri tersebut akan mengalami proses fotokimia. Sinar LED biru mampu menghambat pertumbuhan bakteri

*Lysteria monocytogeneses* dalam jus apel. Hasil dari penelitian didapatkan bahwa LED biru dapat mengurangi pertumbuhan bakteri *Lysteria monocytogeneses* dalam jus apel sebesar  $68 \times 10^7$  CFU/ml. Meskipun masih belum maksimal tetapi penggunaan LED biru dinilai dapat mengurangi dampak negatif dari perusakan lingkungan akibat penggunaan bahan kimia berbahaya.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Variasi intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru dapat mempengaruhi rata – rata kematian bakteri *Listeria monocytogeneses*. Nilai rata – rata penurunan tertinggi pada penelitian ini terjadi pada intensitas  $100 \text{ mW/cm}^2$  dengan lama pemaparan 60 menit yaitu  $68.10^7 \text{ CFU/ml}$ . Sedangkan nilai rata – rata penurunan terendah terjadi pada sampel dengan intensitas  $0 \text{ mW/cm}^2$ .
2. Variasi intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru berpengaruh terhadap peningkatan kadar pH pada jus apel dengan kadar pH terbesar 5,9 pada intensitas  $100 \text{ mW/cm}$  dengan lama pemaparan 60 menit.
3. Variasi intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru dapat menurunkan kualitas organoleptik pada jus apel dengan menghasilkan warna dan aroma jus apel yang semakin kurang menarik dan kurang diminati meskipun tidak terlalu signifikan. Sehingga hasil terbaik dari sifat organolpetik jus apel yaitu pada sampel tanpa pemaparan.
4. Variasi intensitas dan lama pemaparan sinar LED biru berpengaruh terhadap penurunan kadar vitamin C pada jus apel dengan kadar vitamin C terkecil  $0,008 \text{ mg/ml}$  pada intensitas  $100 \text{ mW/cm}^2$  dengan lama pemaparan 60 menit.

## 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian diatas, maka penulis menyarankan:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai dosis intensitas sinar *Blue Light Emitting Diode* (LED Biru) agar proses penonaktivasi bakteri *Listeria monocytogeneses* lebih efektif.
2. Perlu dilakukan uji absorpsi cahaya agar dapat ditentukan panjang gelombang terbaik untuk inaktivasi bakteri.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afrianti, M., Dwiloka, B., & Setiani, E. (2013). Total Bakteri , Ph , Dan Kadar Air Daging Ayam Broiler Setelah Direndam Dengan Ekstrak Daun Senduduk ( *Melastoma malabathricum* L . ) Selama Masa Simpan An Effect of Soaking Senduduk ( *Melastoma malabathricum* L . ) leaf extract for Bacteria Total , pH , and Water Content in Broiler Meat with During Storage. 04(07).
- Ahmadiyah, Yusro (2015). Optimasi Laser Dioda 405 nm Untuk Penonaktifan Biofilm Bakteri *Staphylococcus epidermis*. In Skripsi. UIN Malik Ibrahim Malang.
- Al – Maraghi, Ahmad Musthofa, 1992. *Terjemah Tafsir al – Maraghi*. Semarang: CV. Toha Putra.
- Al – Sunandaji. Abdul Qodir bin Muhammad Sa’ad. Mawahib. *Mawahib Al-Badi’ fi Hikmatus Tasyri’*, Kurdistan al – ilmiah, 1997.
- Ariyadi. (2011). *105463-ID-none.pdf*.
- Ariyanti. (2010). *Bakteri Listeria Monocytogenes Sebagai Kontaminan Makanan Asal Hewan ( Foodborne Disease )*. 20(2), 94–1
- Arumaningrum, D., Susilo B., dan Argo, B.D. 2015. Pengaruh Proporsi Sukrosa dan Lama Osmosis terhadap Kualitas Sari Buah Naga Putih. *Jurnal Pertanian Tropis dan Biosistem*
- Astuti, J., Vol, P., Pascasarjana, P., & Airlangga, U. (2015). *Jurnal Biosains Pascasarjana* Vol. 17 (2015) pp © (2015) Program Pascasarjana Universitas Airlangga, Indonesia. 17(1), 10–18.
- Astuti, S. D., Zainuddin, M., & Maclean, G. (2011). Potensi Blue Light Emitting Diode ( LED ) untuk Fotoinaktivasi Bakteri *Staphylococcus aureus* dengan Porfirin Endogen ( The Potency of Blue Light Emitting Diode ( LED ) for Photoinactivation of *Staphylococcus aureus* Bacteria with Endogeneous Porphyrin ). 13(3), 155–163.
- Barka, E. A., Kalantri, S., Makhlof, J., Arul, J. 2000. *Impact of UV-C irradiation on the cell wall degrading enzymes during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruit*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48:667 - 671.
- Chintya, R. D., & Nisa, F. C. (2015). Pengaruh Daya Lampu Dan Lama Iradiasi Ultraviolet Terhadap Karakteristik Sari Buah Murbei ( *Morus Alba* L . ) The Effect of Lamp Power and Length of Ultraviolet Irradiation on Characteristics of Mulberry ( *Morus alba* L . ) Juice. 3(2), 610–619.
- Ciputra, A. (2018). *Dengan Algoritma Naive Bayes Dan Ekstraksi Fitur Citra Digital*. 9(1), 465–472.

- Coyle, John D. 1991. *Introduction to Organic Photochemistry*. John Willey Sons:London
- Dari, D. W., & Junita, D. (2021). Karakteristik Fisik dan Sensori Minuman Sari Buah Pedada. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(3), 532–541. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v23i3.33204>
- Devi Arinda, I. (2015). Pengaruh Daya Dan Lama Penyinaran Sinar Ultraviolet-C Terhadap Total Mikroba Sari Buah Salak Pondoh Effects Of Power Lights And Time Ultraviolet-C Irradiation On Microbial Population Of Snake Fruit Pondoh (Salacca Edulis) Fruit Juice. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(4), 1337–1344.
- Didiek. (2019). *Karakterisasi beberapa varietas buah apel* (. 17–19).
- Faralia. 2012. *Khasiat Istimewa Buah - buahan dan Sayuran*. Yogyakarta:Aulia
- Feng, M., Ghafoor, K., Seo, B., Yang, K., & Park, J. (2013). Effects of ultraviolet-C treatment in Teflon®-coil on microbial populations and physico-chemical characteristics of watermelon juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 19, 133–139. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.05.005>
- Frekuensi, P., & Sandi, Y. (n.d.). *Perancangan Dan Analisa Circular Polarity Antenna Crosshair Waveguide Sebagai Penguat Wifi Adapter Tp-Link Tl-Wn723n*.
- Hamblin, M. R., & Hasan, T. (2004). Photodynamic therapy: A new antimicrobial approach to infectious disease? *Photochemical and Photobiological Sciences*, 3(5), 436–450. <https://doi.org/10.1039/b311900a>
- Handayani. (2013). *Pengujian Stabilitas Membran Sel dan Kandungan Klorofil untuk Evaluasi Toleransi Suhu Tinggi pada Tanaman Kentang ( Cell Membrane Stability Assay and Chlorophyll Content Measurement to Evaluate Heat Stress Tolerance on Potato )*. 23(1), 28–35.
- Handoko, P., & Fajariyanti, Y. (2011). *Seminar Nasional X Pendidikan Biologi FKIP UNS*. 1–9.
- Irawan, S., & Setyawarno, D. (2010). *Pengaruh Intensitas Cahaya Dan Spektrum Cahaya Tampak Terhadap Pertumbuhan Udang Putih ( Litopenaeus Vannamei ) Ditinjau Dari Segi Hubungan Panjang Dan Berat \**.
- Karneli. (2015). *Karakteristik mikrobiologis bakteri*. 145–154.
- Kartika, B., P. Hastuti, dan W. Supartono. 1998. *Pedoman Uji Inderawi Bahan Pangan*. Yogyakarta: Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada.

- Kastama, Arie., Tia. 2021 *Pengaruh Sinar Tampak dari LED Terhadap Kadar Antosianin dan Vitamn C Pada Ubi Jalar Ungu*. Malang:Uin Maulana Malik Ibrahim Malang
- Lestari, M., Umar, B., & Hasin, A. (2018). Identifikasi formalin pada buah import (apel) yang diperjualbelikan di Kota Makassar. *J. Media Laboran*, 8(2), 7–12.
- Listiorini. (2014). *Karakteristik Kimia Dan Organoleptik Daging Buah Srikaya ( Annona Squamosa L. ) Pada Berbagai Suhu Pemanasan Pulp*. 2(6), 596–603.
- Mutie,A., & Yahya, M.,2014. *Cara Asyik Minum Sehat Infused Water*. Jakarta:Bhuana Ilmu Populer
- Nawangsih, A. A., & Wardani, F. F. (2014). *Interaksi antara Bakteri Endofit dan Bakteri Perakaran Pemacu Pertumbuhan Tanaman dalam Menekan Penyakit Layu Bakteri pada Tomat Interaction between Endophytic Bacteria and Plant Growth-Promoting Rhizobacteria to Control Bacterial Wilt Disease on Tomato*. 10, 145–152. <https://doi.org/10.14692/jfi.10.5.145>
- Nizori. A, Suwita. V, Surhaini, Mursalin, Melisa, Sunarti. T.C, dan E. Warsi. E. 2007. *Pembuatan soyghurt sinbiotik sebagai makanan fungsional dengan penambahan kultur campuran Streptococcus thermophilus, Lactobacillus bulgaricus dan Lactobacillus acidophilus*. Program Studi Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Pertanian, Universitas Jambi.
- Plaetzer K, Krammer B, Berlanda J, Berr F, 2009. *Photophysics and Photochemistry of Photodynamic Therapy:Fundamental Aspects*, Journal of Laser Medical Sciences, 24:259 - 268.
- Prasetya, dkk. 2016. *Perubahan Aktivitas Mengkelat Logam Ekstrak Etanol Ubi Jalar Ungu Terhadap Pengaruh Sinar Uv-B*. Jurnal Farmasi Udayana. Vol.5,No.2, hlm:49-52
- Rahim, N. L. B., & Kusuma, S. A. F. (2016). Review: Deteksi Listeria Monocytogenes dalam Makanan. *Farmaka*, 15, 1–13.
- Rahmawati, P. M. (2011). *Pengawetan makanan dan permasalahannya*. 51–70.
- Sudiarta. (2021). *No Title*. 15(2).
- Sugiarto, B. 2004. *Ikatan Kimia*. Jakarta:Departemen Pendidikan Nasional
- Trenggono. 2004. *Teknologi Pengemasan*. Universitas Kristen Petra
- Zulviana, D. (2020). *Analisis Pengaruh Intensitas Cahaya Led ( Light Emitting Diode ) Dengan Warna Merah , Biru , Dan Putih Parachinensis ) Di Dalam Ruang Analysis Of The Effect Of Light Emitting Diode Intensity With Red , Blue , And White Colors On The Growth Of Mustard Gree*. 7(1), 1147–1154

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Data Hasil Penelitian

#### 1.1 Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri *Listeria monocytogenes*

Perlakuan		Jumlah Sel Bakteri		
Intensitas (mW/cm <sup>2</sup> )	Waktu (menit)	1	2	3
0	30	248	260	256
	40	276	252	268
	50	284	244	274
	60	242	232	332
50	30	268	188	142
	40	184	186	152
	50	186	168	104
	60	120	96	224
75	30	176	152	188
	40	156	192	152
	50	112	130	188
	60	174	126	94
100	30	154	86	122
	40	148	94	108
	50	68	112	52
	60	62	88	54

#### 1. Intensitas 0 mW/cm<sup>2</sup>

##### a. 30 menit

- $248 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 248 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
- $260 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 260 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
- $256 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 256 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

##### b. 40 menit

- $276 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 276 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
- $252 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 252 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
- $268 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 268 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

##### c. 50 menit

- $284 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 284 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
- $244 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 244 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

- $274 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 274 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

d. 60 menit

- $242 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 242 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

- $232 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 232 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

- $332 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 332 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

2. 50 mW/cm<sup>2</sup>

a. 30 menit

- $268 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 268 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

- $188 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 188 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

- $142 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 142 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

b. 40 menit

- $184 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 184 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

- $186 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 186 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

- $152 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 152 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

c. 50 menit

- $186 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 186 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

- $168 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 168 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

- $104 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 104 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

d. 60 menit

- $120 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 120 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

- $96 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 96 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

- $224 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 224 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

3. 75 mW/cm

a. 30 menit

- $176 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 176 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

- $152 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 152 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

- $188 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 188 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

b. 40 menit

- $156 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 156 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

- $192 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 192 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

- $152 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 152 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

c. 50 menit

- $112 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 112 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

- $130 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 130 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

- $188 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 188 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

d. 60 menit

- $174 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 174 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

- $126 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 126 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

- $94 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 94 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

4.  $100 \text{ mW/cm}^2$

a. 30 menit

- $154 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 154 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

- $86 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 86 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

- $122 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 122 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

b. 40 menit

- $148 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 148 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

- $94 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 94 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

- $108 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 108 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

c. 50 menit

- $68 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 68 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

- $112 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 112 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

- $52 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 52 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

d. 60 menit

- $62 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 62 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
- $88 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 88 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
- $54 \times \frac{1}{10^{-1}} \text{ CFU/ml} = 54 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

### 1.2 Perhitungan Kadar Vitamin C Pada Jus Apel

Perlakuan		Vitamin C		
Intensitas (mW/cm <sup>2</sup> )	Waktu (menit)	1	2	3
0	30	0,011	0,019	0,019
	40	0,023	0,017	0,019
	50	0,022	0,021	0,018
	60	0,024	0,028	0,028
50	30	0,029	0,022	0,019
	40	0,023	0,017	0,019
	50	0,018	0,019	0,014
	60	0,012	0,019	0,012
75	30	0,019	0,022	0,019
	40	0,020	0,012	0,014
	50	0,012	0,012	0,012
	60	0,011	0,011	0,011
100	30	0,016	0,016	0,014
	40	0,013	0,013	0,014
	50	0,011	0,008	0,009
	60	0,008	0,009	0,009

Persamaan Regresi:  $y=0,0503x - 0,0073$

1. 0 mW/cm<sup>2</sup>

a. 30 menit

- Absorbansi 1=0,2167  
 $y=0,2167x-0,0073$   
 $0,2167x+0,0073=0,015x$   
 $x=0,011$
- Absorbansi 2=0,3094  
 $y=0,3094x-0,0073$   
 $0,3094+0,0073=0,016x$   
 $x=0,016$
- Absorbansi 3=0,3723

$$y=0,3723x-0,0073$$

$$0,3723+0,0073=0,019x$$

$$x=0,019$$

b. 40 menit

- Absorbansi 1=0,4589  
 $y=0,2367x-0,0073$   
 $0,4589+0,0073=0,012x$   
 $x=0,023$
- Absorbansi 2=0,3386  
 $y=0,3386x-0,0073$   
 $0,3386+0,0073=0,019x$   
 $x=0,017$
- Absorbansi 3=0,3609  
 $y=0,3609x-0,0073$   
 $0,3609+0,0073=0,015x$   
 $x=0,019$

c. 50 menit

- Absorbansi 1=0,4341  
 $y=0,4341x-0,0073$   
 $0,4341+0,0073=0,022x$   
 $x=0,022$
- Absorbansi 2=0,408  
 $y=0,408x-0,0073$   
 $0,408+0,0073=0,021x$   
 $x=0,021$
- Absorbansi 3=0,3599  
 $y=0,3599x-0,0073$   
 $0,3599+0,0073=0,018x$   
 $x=0,018$

d. 60 menit

- Absorbansi 1=0,4744  
 $y=0,4744x-0,0073$

$$0,4744+0,0073=0,024x$$

$$x=0,024$$

- Absorbansi 2=0,3386  
 $y=0,3386x-0,0073$   
 $0,03386+0,0073=0,017x$   
 $x=0,017$
- Absorbansi 3=0,3609  
 $y=0,3609x-0,0073$   
 $0,3609+0,0073=0,019x$   
 $x=0,019$

2. 50 mW/cm<sup>2</sup>

a. 30 menit

- Absorbansi 1=0,5014  
 $y=0,5014x-0,0073$   
 $0,05014+0,0073=0,015x$   
 $x=0,026$
- Absorbansi 2=0,4264  
 $y=0,4264x-0,0073$   
 $0,4264+0,0073=0,022x$   
 $x=0,022$
- Absorbansi 3=0,3715  
 $y=0,3715x-0,0073$   
 $0,3715+0,0073=0,019x$   
 $x=0,019$

b. 40 menit

- Absorbansi 1=0,4589  
 $y=0,4589x-0,0073$   
 $0,4589+0,0073=0,023x$   
 $x=0,023$
- Absorbansi 2=0,3386  
 $y=0,3386x-0,0073$   
 $0,3386+0,0073=0,017x$

$$x=0,017$$

- Absorbansi 3=0,3609  
 $y=0,3609x-0,0073$   
 $0,3609+0,0073=0,19x$   
 $x=0,019$

c. 50 menit

- Absorbansi 1=0,3412  
 $y=0,3412x-0,0073$   
 $0,3412+0,0073=0,018x$   
 $x=0,018$
- Absorbansi 2=0,3693  
 $y=0,3693x-0,0073$   
 $0,3693+0,0073=0,019x$   
 $x=0,019$
- Absorbansi 3=0,272  
 $y=0,272x-0,0073$   
 $0,272+0,0073=0,014x$   
 $x=0,014$

d. 60 menit

- Absorbansi 1=0,2367  
 $y=0,2367x-0,0073$   
 $0,2367+0,0073=0,012x$   
 $x=0,012$
- Absorbansi 2=0,3748  
 $y=0,3748x-0,0073$   
 $0,3748+0,0073=0,019x$   
 $x=0,019$
- Absorbansi 3=0,3745  
 $y=0,3745x-0,0073$   
 $0,3745+0,0073=0,012x$
- $x=0,012$

3.  $75 \text{ mW/cm}^2$

## a. 30 menit

- Absorbansi 1=0,3748  
 $y=0,3748x-0,0073$   
 $0,3748+0,0073=0,019x$   
 $x=0,019$
- Absorbansi 2=0,43  
 $y=0,43x-0,0073$   
 $0,43+0,0073=0,022x$   
 $x=0,022$
- Absorbansi 3=0,3795  
 $y=0,3795x-0,0073$   
 $0,3795+0,0073=0,019x$   
 $x=0,019$

## b. 40 menit

- Absorbansi 1=0,3872  
 $y=0,3872x-0,0073$   
 $0,3872+0,0073=0,012x$   
 $x=0,012$
- Absorbansi 2=0,2361  
 $y=0,2361x-0,0073$   
 $0,2361+0,0073=0,012x$   
 $x=0,012$
- Absorbansi 3=0,2667  
 $y=0,2667x-0,0073$   
 $0,2667+0,0073=0,014x$   
 $x=0,014$

## c. 50 menit

- Absorbansi 1=0,2343  
 $y=0,2343x-0,0073$   
 $0,2343+0,0073=0,012x$   
 $x=0,012$
- Absorbansi 2=0,232

$$y=0,232x-0,0073$$

$$0,232+0,0073=0,012x$$

$$x=0,012$$

- Absorbansi 3=0,2347  
 $y=0,2347x-0,0073$   
 $0,2347+0,0073=0,012x$   
 $x=0,012$

d. 60 menit

- Absorbansi 1=0,2067  
 $y=0,2067x-0,0073$   
 $0,2067+0,0073=0,011x$   
 $x=0,011$
- Absorbansi 2=0,2067  
 $y=0,2067x-0,0073$   
 $0,2067+0,0073=0,011x$   
 $x=0,011$
- Absorbansi 3=0,2111  
 $y=0,2111x-0,0073$   
 $0,2361+0,0073=0,011x$   
 $x=0,011$

4.  $100 \text{ mW/cm}^2$

a. 30 menit

- Absorbansi 1=0,3097  
 $y=0,3097x-0,0073$   
 $0,3097+0,0073=0,016x$   
 $x=0,016$
- Absorbansi 2=0,3134  
 $y=0,3134x-0,0073$   
 $0,3134+0,0073=0,016x$   
 $x=0,016$
- Absorbansi 3=0,2701  
 $y=0,2701x-0,0073$

$$0,2701+0,0073=0,016x$$

$$x=0,016$$

b. 40 menit

- Absorbansi 1=0,2427  
 $y=0,2427x-0,0073$   
 $0,2427+0,0073=0,013x$   
 $x=0,013$
- Absorbansi 2=0,2588  
 $y=0,2588x-0,0073$   
 $0,2588+0,0073=0,013x$   
 $x=0,013$
- Absorbansi 3=0,2711  
 $y=0,2711x-0,0073$   
 $0,2711+0,0073=0,014x$   
 $x=0,014$

c. 50 menit

- Absorbansi 1=0,2117  
 $y=0,2117x-0,0073$   
 $0,2117+0,0073=0,011x$   
 $x=0,011$
- Absorbansi 2=0,1597  
 $y=0,1597x-0,0073$   
 $0,1597+0,0073=0,008x$   
 $x=0,008$
- Absorbansi 3=0,1653  
 $y=0,1653x-0,0073$   
 $0,1653+0,0073=0,009x$   
 $x=0,009$

d. 60 menit

- Absorbansi 1=0,1497  
 $y=0,1497x-0,0073$   
 $0,1497+0,0073=0,008x$

$$x=0,008$$

- Absorbansi 3=0,1646

$$y=0,1646x-0,0073$$

$$0,1646+0,0073=0,009x$$

$$x=0,009$$

- Absorbansi 1=0,179

$$y=0,179x-0,0073$$

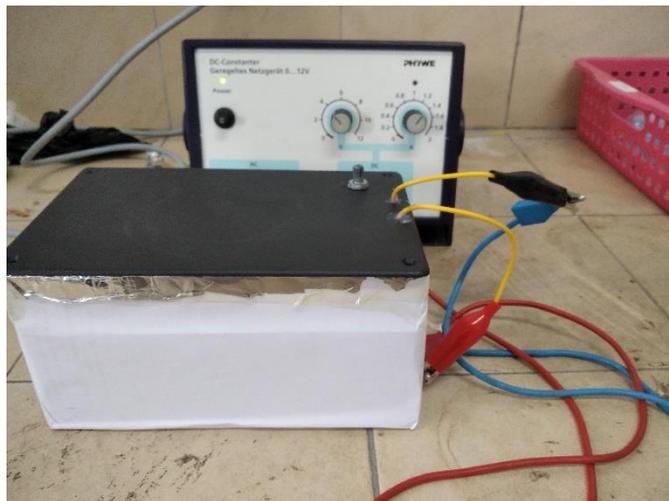
$$0,179+0,0073=0,009x$$

$$x=0,009$$

## Lampiran 2 Dokumentasi Penelitian



Gambar Sampel Uji



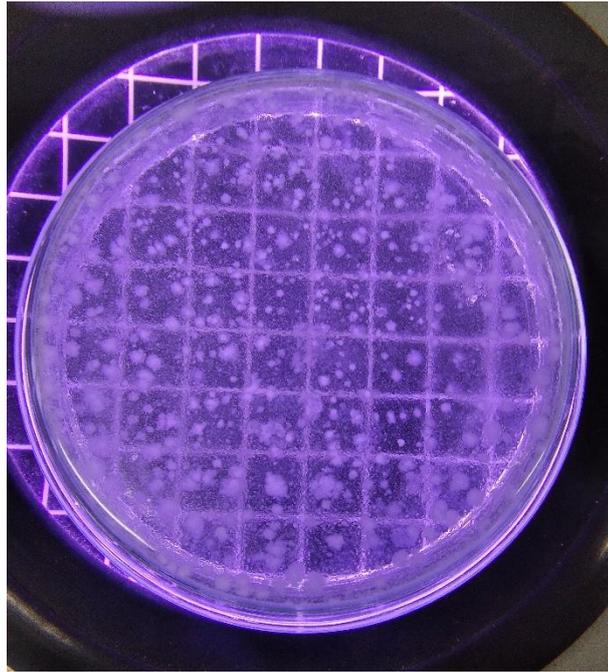
Perlakuan Sinar *Blue Light Emitting Diode* (LED Biru) Terhadap Bakteri *Listeria monocytogenes*



Proses Inokulasi Bakteri



Posess Suspensi Bakteri



Koloni Bakteri *Listeria monocytogenes*



KEMENTERIAN AGAMA RI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
**JURUSAN FISIKA**

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp. / Fax. (0341) 558933  
Website : <http://fisika.uin-malang.ac.id>, e-mail : [Fis@uin-malang.ac.id](mailto:Fis@uin-malang.ac.id)

**BUKTI KONSULTASI SKRIPSI**

Nama : Lemmy Triastuti  
NIM : 18640040  
Fakultas/Program Studi : Sains dan Teknologi / Fisika  
Judul Skripsi : Pengaruh Pemaparan Sinar LED Biru Terhadap Pertumbuhan Bakteri  
Pembimbing 1 : Sistem monokultures pti, organoleptik dan Vitamin C Pada Jus Apel  
Pembimbing 2 : Dr. H. Agus Mulyarto, S.Pd, M.Kes  
: Dr. Erma Hastuti, M.Si

• **Konsultasi Fisika**

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	11 November 2021	Konsultasi BAB I, II dan III	
2.	15 November 2021	Konsultasi BAB I, II, dan III	
3.	18 November 2021	Konsultasi BAB I, II, III dan ACC	
4.	21 Maret 2022	Konsultasi BAB IV	
5.	24 Maret 2022	Konsultasi BAB IV	
6.	14 April 2022	Konsultasi BAB IV	
7.	16 April 2022	Konsultasi BAB IV	
8.	26 April 2022	Konsultasi BAB IV dan ACC	
9.	14 Mei 2022	Konsultasi BAB IV	
	20 Juni 2022	Konsultasi BAB IV dan ACC	

• **Konsultasi Integrasi**

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	1 April 2022	Konsultasi Integrasi BAB I, II dan IV	
2.	8 April 2022	Konsultasi Integrasi BAB I, II dan IV	
3.	13 April 2022	Konsultasi Integrasi BAB I, II dan IV	
4.	14 April 2022	ACC untuk Seminar Hasil	
5.	20 Mei 2022	Konsultasi Integrasi BAB IV	
6.	22 Mei 2022	ACC untuk Sidang Skripsi	
7.	23 Mei 2022	Konsultasi Integrasi BAB IV	
8.	15 Juni 2022	Konsultasi Integrasi BAB IV	
9.	20 Juni 2022	ACC	

Malang, 20 Juni 2022

Mengetahui,  
Ketua Jurusan,

Dr. Inam Tazi, M.Si

NIP. 19740730 200312 1 002