

**PENGARUH PEMAPARAN SINAR UV-C TERHADAP PERTUMBUHAN
BAKTERI *Listeria Monocytogenes*, pH, KADAR VITAMIN-C DAN
ORGANOLEPTIK PADA SARI BUAH APEL**

SKRIPSI

Oleh:

WINDA AULIA DWIYANTI
NIM. 18640007



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

HALAMAN PENGAJUAN

**PENGARUH PEMAPARAN SINAR UV-C TERHADAP PERTUMBUHAN
BAKTERI *Listeria Monocytogenesis*, pH, KADAR VITAMIN-C DAN
ORGANOLEPTIK PADA SARI BUAH 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:

**WINDA AULIA DWIYANTI
NIM. 18640007**

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

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH PEMAPARAN SINAR UV-C TERHADAP PERTUMBUHAN
BAKTERI *Listeria Monocytogenes*, pH, KADAR VITAMIN-C DAN
ORGANOLEPTIK PADA SARI BUAH APEL**

SKRIPSI

Oleh:
Winda Aulia Dwiyanti
NIM. 18640007

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diseminarkan
Pada tanggal, 27 April 2022

Pembimbing I,



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

Pembimbing II,



Ahmad Luthfin, M.Si
NIP. 19860504 201903 1 009

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Dr. Arham Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH PEMAPARAN SINAR UV-C TERHADAP PERTUMBUHAN
BAKTERI *Listeria Monocytogenesis*, pH, KADAR VITAMIN-C DAN
ORGANOLEPTIK PADA SARI BUAH APEL

SKRIPSI

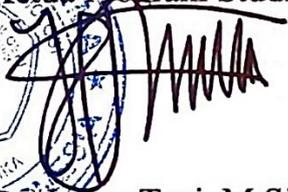
Oleh:

Winda Aulia Dwiyanti

NIM. 18640007

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada Tanggal: 31 Mei 2022

Penguji Utama	<u>Dr. H. Mokhammad. Tirono, M.Si</u> NIP. 19641211 199111 1 001	
Ketua Penguji	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Sekretaris Penguji	<u>Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes</u> NIP. 19750808 199903 1 003	
Anggota Penguji	<u>Ahmad Luthfin, M.Si</u> NIP. 19860504 201903 1 009	

Mengesahkan,
Ketua Program Studi

Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002



HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Winda Aulia Dwiyanti

NIM : 18640007

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Pengaruh Pemaparan Sinar UV-C Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Listeria Monocytogenes*, pH, Kadar Vitamin-C Dan Organoleptik Pada Sari Buah Apel

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa karya tulis atau skripsi ini merupakan hasil karya sendiri, tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan dari karya ilmiah lain yang sebelumnya pernah dibuat dan dilakukan oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan telah disebutkan dengan menyertakan sumber kutipan dan daftar pustaka. Naskah ini hasil dari pengambilan data penelitian dan menulis naskah ini berdasarkan sumber atau referensi yang digunakan. Apabila kemudian hari hasil penelitian dan tulisan ini terbukti hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima saksi atas perbuatan ini.

Malang, 20 Mei 2022

Yang membuat pernyataan,

A 1000 Rupiah meter stamp with a signature over it. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'REPUBLIK INDONESIA', '1000', 'METERAL TEMPEL', and the serial number 'A01E0AJX736022407'.

Winda Aulia Dwiyanti

NIM. 18640007

MOTTO

وَأَنْ لَّيْسَ لِلْإِنْسَانِ إِلَّا مَا سَعَىٰ

“dan bahwa manusia hanya memperoleh apa yang telah diusahakannya”.

(Q.S An-Najm 39)

لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(Q.S Al-Baqarah 286)

“Do something today that your future self will thank you for”. -Sean Patrick

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan nikmat berupa kesehatan sehingga atas ridha dan kuasa-Nya skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam senantiasa tercurah limpahkan kepada Baginda Nabi Muhammad SAW yang membawa dan menerangi hati kita, menjadi cahaya bagi segala perbuatan mulia. Semoga kita semua senantiasa mendapatkan syafaatnya *fi yaumil qiyamah*. Karya tulis ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tuaku tercinta yakni Bapak Ahmat Sukamto dan Ibu Anis Sumariati yang selalu memberikan motivasi, dukungan dan semangat yang luar biasa, serta keluarga besar yang selalu mendoakan kelancaran skripsi ini.
2. Kepada seluruh dosen fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang khususnya dosen pembimbing saya yakni bapak Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes yang telah banyak membantu dan membimbing saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Teruntuk teman-teman seperjuanganku fisika angkatan 2018 dan juga teman-temanku Biophysic yang selalu memberikan support, masukan, dan semangat.
4. Kepada seluruh rekan-rekan terdekat dan semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Terimakasih atas semua bantuan dan dukungan yang tiada henti. Semoga Allah SWT membalas budi baik kalian semua. Aamiin..
5. Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hardwork, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, I wanna thank me for always being a giver and tryna give more than I receive, I wanna thank me for tryna do more right than wrong, I wanna thank me for just being me att all times.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat yang begitu luasnya kepada kami, sehingga sampai saat ini penulis dapat merampungkan penelitian skripsi dengan tepat waktu. Adapun penulisan ini bertujuan untuk memenuhi syarat penyelesaian tugas akhir sarjana strata satu (S1). Pada penelitian ini, penulis mengambil **judul “Pengaruh Pemaparan Sinar UV-C Terhadap Pertumbuhan Bakteri Listeria Monocytogenes, pH, Kadar Vitamin-C Dan Organoleptik Pada Sari Buah Apel”**. Sholawat serta salam penulis panjatkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW yang telah menuntun manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman yang penuh dengan pencerahan seperti saat ini.

Atas selesainya penulisan skripsi ini, penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. 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 Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. M. Tirono, M. Si., selaku Dosen Pembimbing Skripsi dengan sabar membimbing dengan teliti dan memberikan arahan untuk penulisan sehingga mampu menyelesaikan Skripsi dengan baik.
5. Bapak Ahmad Lutfin M. Si., selaku Dosen Pembimbing Skripsi dengan sabar membimbing dengan teliti dan memberikan arahan untuk penulisan sehingga mampu menyelesaikan Skripsi dengan baik.
6. Bapak Penguji yang telah memberikan masukan ide dan moral.
7. Seluruh Dosen Fisika UIN Malang yang telah sabar memberikan ilmunya terhadap saya.

8. Orangtua dan keluarga yang tak lelah mendukung dan memberikan doa hingga saat ini.
9. Teman-teman fisika semua angkatan dan teman-teman Biofisika yang selalu membantu menjadi penyemangat untuk menyelesaikan skripsi ini.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, atas keikhlasan membantu motivasi, doa dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Semoga Allah membalas kebaikan mereka semua. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari mata sempurna maka penulis mohon masukan dan kritikan supaya dapat mengevaluasi dan memperbaiki agar lebih baik. Akhir kata, penulis berharap semoga penelitian skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca *Aamiin Ya Rabbal Alamiin*.

Wassalamu 'alaikum Wr.Wb

Malang, 25 November 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
المخلص	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan.....	7
1.4 Manfaat.....	8
1.5 Batasan Masalah.....	8
BAB II KAJIAN PUSTAKA	9
2.1 Sinar Ultraviolet (UV).....	9
2.1.1 Pengertian Sinar Ultraviolet.....	9
2.1.2 Intensitas Sinar Ultraviolet.....	11
2.2 Sinar Ultraviolet C (UV-C).....	15
2.2.1 Pengertian Sinar Ultraviolet C	15
2.2.2 Pengaruh Waktu Paparan UV-C Pada Materi	16
2.2.3 Interaksi Cahaya Terhadap Sel Bakteri	16
2.2.4 Mekanisme Ultraviolet Dalam Inaktivasi Bakteri.....	20
2.3 Apel Manalagi (<i>Malus Sylvestris</i>).....	23
2.3.1 Klasifikasi.....	23
2.3.2 Morfologi	23
2.4 Bakteri	25
2.4.1 Definisi Bakteri	25
2.4.2 Kerusakan Membran Sel	26
2.5 Bakteri <i>Listeria Monocytogeneses</i>	27
2.5.1 Klasifikasi Bakteri <i>Listeria Monocytogeneses</i>	27
2.5.2 Karakteristik dan Morfologi Bakteri <i>Listeria Monocytogeneses</i>	28
2.5.3 Penyakit yang Disebabkan Bakteri <i>Listeria Monocytogeneses</i>	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1 Jenis Penelitian	30
3.2 Waktu Dan Tempat Penelitian	30
3.3 Alat Dan Bahan Penelitian	30
3.3.1 Alat-Alat.....	30
3.3.2 Bahan-Bahan	32

3.4	Diagram Alir Penelitian.....	33
3.5	Desain Rangkaian.....	34
3.7	Prosedur Penelitian.....	35
3.7.1	Sterilisasi.....	35
3.7.2	Pembuatan Media NA (<i>Nutrien Agar</i>).....	35
3.7.3	Pembuatan Media NB (<i>Nutrien Broth</i>).....	35
3.7.4	Pembuatan Media PCA (<i>Plate Count Agar</i>).....	36
3.7.5	Penumbuhan Bakteri <i>Listeria Monocytogenes</i>	36
3.7.6	Penumbuhan Bakteri <i>Listeria Monocytogenes</i> pada Sampel.....	36
3.7.7	Perlakuan Pemaparan Sinar UV-C.....	36
3.7.8	Perhitungan Koloni Bakteri.....	37
3.7.9	Pengujian Kadar pH.....	38
3.7.10	Penilaian Organoleptik (Warna, Rasa, dan Aroma).....	38
3.7.11	Pengujian Kadar Vitamin C.....	38
3.8	Teknik Pengumpulan Data.....	39
3.8.1	Jumlah Bakteri <i>Listeria monocytogenes</i>	39
3.8.2	Kadar pH.....	40
3.8.3	Penilaian Organoleptik (Warna, Rasa, dan Aroma).....	40
3.8.4	Penilaian Uji Kadar Vitamin C.....	42
3.9	Teknik Analisis Data.....	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		44
4.1	Hasil Penelitian.....	44
4.2	Data Hasil Penelitian.....	46
4.2.1	Pengaruh Intensitas dan Lama Paparan Sinar Sinar UV-C Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Listeria Monocytogenes</i> pada Sari Buah Apel	46
4.2.2	Pengaruh Intensitas dan Lama Paparan Sinar UV-C Terhadap pH pada Sari Buah Apel.....	52
4.2.3	Pengaruh Intensitas dan Lama Paparan Sinar UV-C Terhadap Kadar Vitamin-C pada Sari Buah Apel.....	57
4.2.4	Pengaruh Intensitas dan Lama Paparan Sinar UV-C Terhadap Organoleptik pada Sari Buah Apel.....	63
4.3	Pembahasan.....	72
4.3.1	Pengaruh Intensitas dan Lama Paparan Sinar UV-C Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Listeria Monocytogenes</i> Pada Sari Buah Apel	72
4.3.2	Pengaruh Intensitas dan Lama Paparan Sinar UV-C Terhadap pH Pada Sari Buah Apel.....	75
4.3.3	Pengaruh Intensitas dan Lama Paparan Sinar UV-C Terhadap Kadar Vitamin-C Pada Sari Buah Apel.....	76
4.3.4	Pengaruh Intensitas dan Lama Paparan Sinar UV-C Terhadap Organoleptik Pada Sari Buah Apel.....	78
4.4	Integrasi dengan Al-Qur'an.....	80
BAB V PENUTUP.....		83
5.1	Kesimpulan.....	83
5.2	Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA.....		85
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arah Vector Poynting.....	12
Gambar 2. 2 Mekanisme Cahaya Terhadap Sel Bakteri	17
Gambar 2. 3 Mekanisme Fotofisika.	18
Gambar 2. 4 Struktur DNA yang Pecah Karena Terpapar.....	21
Gambar 2. 5 Efek Sinar UV pada DNA.....	21
Gambar 2. 6 Apel Manalagi (Malus Sylvestris)	23
Gambar 2. 7 Bakteri Listeria monocytogenes)	27
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	33
Gambar 3. 2 Desain Rangkaian Alat (a. tampak luar, b. tampak dalam).....	34
Gambar 4. 1 (a) Grafik pengaruh intensitas terhadap penurunan jumlah koloni bakteri Listeria monocytogenes pada sari buah apel, (b) Grafik pengaruh lama paparan terhadap penurunan jumlah koloni bakteri Listeria monocytogenes pada sari buah apel.....	49
Gambar 4. 2 (a) Grafik pengaruh intensitas terhadap pH sari buah apel,	54
Gambar 4. 3 Grafik Kurva Standar Penetapan Kadar Vitamin-C.....	58
Gambar 4. 4 (a) Grafik pengaruh intensitas terhadap kadar vitamin C sari buah apel (b) Grafik pengaruh lama paparan terhadap kadar vitamin C sari buah apel	60
Gambar 4. 5 (a) Diagram pengaruh intensitas terhadap rasa sari buah apel (b) Diagram pengaruh lama paparan terhadap rasa sari buah apel.....	67
Gambar 4. 6 Diagram pengaruh intensitas terhadap aroma sari buah apel (b) Diagram pengaruh lama paparan terhadap aroma sari buah apel	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Pembagian Spektrum Elektromagnetik dari Sinar Ultraviolet.....	9
Tabel 2. 2 Kandungan Gizi Apel Manalagi per 100 gram	24
Tabel 3. 1 Pengolahan Data Jumlah Bakteri	39
Tabel 3. 2 Pengolahan Data Kadar pH.....	40
Tabel 3. 3 Pengolahan Data Warna.....	41
Tabel 3. 4 Pengolahan Data Rasa.....	41
Tabel 3. 5 Pengolahan Data Aroma	42
Tabel 4. 1 Data Hasil Paparan Sinar UV-C Terhadap Pertumbuhan Bakteri Listeria monocytogenes	47
Tabel 4. 2 Hasil Uji Faktorial Terhadap Pertumbuhan Bakteri Listeria Monocytogenes.....	50
Tabel 4. 3 Hasil Uji DMRT Intensitas Sinar UV-C Terhadap Pertumbuhan Bakteri Listeria Monocytogenes	50
Tabel 4. 4 Hasil Uji DMRT Lama Paparan Sinar UV-C Terhadap Pertumbuhan Bakteri Listeria Monocytogenes.....	51
Tabel 4. 5 Hasil Uji DMRT Intensitas dan Lama Paparan Sinar UV-C Terhadap Pertumbuhan Bakteri Listeria Monocytogenes	51
Tabel 4. 6 Data Kadar pH Sari Buah Apel Setelah Dipapari Sinar UV-C.....	52
Tabel 4. 7 Hasil Uji Faktorial Terhadap Nilai Kadar pH.....	55
Tabel 4. 8 Hasil Uji DMRT Intensitas Sinar UV-C Terhadap Kadar pH	56
Tabel 4. 9 Hasil Uji DMRT Lama Paparan Sinar UV-C Terhadap Kadar pH.....	56
Tabel 4. 10 Hasil Uji DMRT Intensitas dan Lama Paparan Sinar UV-C Terhadap Kadar pH	56
Tabel 4. 11 Data Absorbansi Vitamin C	57
Tabel 4.12 Data Hasil Pengaruh Intensitas dan Lama Pemaparan Sinar UV-C Terhadap Kadar Vitamin-C Sari Buah Apel	58
Tabel 4. 13 Hasil Uji Faktorial Terhadap Nilai Vitamin C.....	61
Tabel 4. 14 Hasil Uji DMRT Intensitas Sinar UV-C Terhadap Vitamin C	61
Tabel 4. 15 Hasil Uji DMRT Lama Paparan Sinar UV-C Terhadap Vitamin C	62
Tabel 4. 16 Hasil Uji DMRT Intensitas dan Lama Paparan Sinar UV-C Terhadap Kadar Vitamin C.....	62
Tabel 4. 17 Data Warna Sari Buah Apel Setelah Dipapari Sinar UV-C.....	64
Tabel 4. 18 Data Rasa Sari Buah Apel Setelah Dipapari Sinar UV-C.....	65
Tabel 4. 19 Hasil Uji Kurskal-Wallis Terhadap Rasa.....	68
Tabel 4. 20 Data Aroma Sari Buah Apel Setelah Dipapari Sinar UV-C	69
Tabel 4. 21 Hasil Uji Kurskal-Wallis Terhadap Aroma	71

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Gambar Penelitian
- Lampiran 2. Data Hasil Penelitian
- Lampiran 3. Hasil Analisis Uji Faktorial
- Lampiran 4. Hasil Analisis Uji Lanjutan DMRT
- Lampiran 5. Hasil Analisis Uji Kurskal Wallis

ABSTRAK

Dwiyanti, Winda Aulia. 2022. **Pengaruh Pemaparan Sinar Uv-C Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Listeria Monocytogenes*, pH, Kadar Vitamin-C Dan Organoleptik Pada Sari Buah Apel.** Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes (II) Ahmad Luthfin, M.Si.

Kata kunci: *Listeria Monocytogenes*, Sinar UV-C, pH, Kadar Vitamin C, Organoleptik, Sari Buah Apel

Buah apel yang dikonsumsi dalam bentuk sari buah (minuman) bersifat tidak dapat tahan lama karena terkontaminasi oleh bakteri patogen, yaitu bakteri *Listeria monocytogenes* yang dapat menyebabkan penyakit listeria (listeriosis). Radiasi UV-C merupakan teknik penyinaran yang efektif untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme pada suatu produk. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemaparan sinar UV-C terhadap pertumbuhan bakteri *Listeria monocytogenes*, pH, kadar vitamin-C dan organoleptik pada sari buah apel. Metode yang digunakan dalam penelitian ini diawali dengan penumbuhan bakteri pada sampel yang kemudian dipapari cahaya UV-C dengan intensitas 0 mW/cm², 50 mW/cm², 75 mW/cm², 100 mW/cm² dan 125 mW/cm² selama 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit. Hasil penelitian menunjukkan pada perlakuan kontrol jumlah bakteri yang aktif adalah 193x10⁷ CFU/ml, pH 4,5, kadar vitamin C 11,633 mg/ml. Paparan UV-C dengan intensitas 50 mW/cm² selama 45 menit menghasilkan jumlah bakteri aktif 121x10⁷ CFU/ml dengan presentase penurunan bakteri 37,13%, pH 4,7, kadar vitamin C 7,120 mg/ml. Pada intensitas 125 mW/cm² selama 60 menit menghasilkan jumlah bakteri aktif 27x10⁷ CFU/ml dengan presentase penurunan bakteri 86,18%, pH 5,8, kadar vitamin C 2,773 mg/ml. Paparan UV-C tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap warna, rasa, dan aroma sari buah apel karena pengaruh oksidasi. Hal ini menunjukkan bahwa UV-C dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Listeria monocytogenes* dan meningkatkan nilai pH dengan meningkatnya intensitas dan lama paparan namun dapat menurunkan kadar vitamin C sari buah apel.

ABSTRACT

Dwiyanti, Winda Aulia. 2022. **The Effect of UV-C Exposure Toward The Growth of *Listeria monocytogenes*, pH, Vitamin C, and Organoleptic on Apple Cider**. Thesis. Physic Dapartement. Faculty of Science and Technology the State Islamic University (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisors: (I) Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes (II) Ahmad Luthfin, M.Si.

Key Words: *Listeria Monocytogenes*, UV-C Light, pH, Organoleptic, Apple Cider

Apples consumed in the form of cider (drink) have the quality not durable because it contaminated by pathogenic bacteria, that is *Listeria Monocytogenes* that causes listeriosis disease. UV-C radiation is an effective radiation technique to inhibit the growth of microorganisms in a product. The aims of this research are to study the effect of uv-c exposure toward the growth of *Listeria monocytogenes*, pH, vitamin c, and organoleptic on apple cider. The method used in this study begins with the growth of bacteria in the sample which is then exposed to UV-C light with an intensity of 0 mW/cm², 50 mW/cm², 75 mW/cm², 100 mW/cm² dan 125 mW/cm² for 15 minutes, 30 minutes, 45 minutes, and 60 minutes. The results showed that in the control treatment the number of active bacteria was 193x10⁷ CFU/ml, pH 4,5, vitamin C 11,633 mg/ml. UV-C exposure with an intensity 50 mW/cm² resulted in the number of active bacteria 121x10⁷ CFU/ml with a bacterial decrease percentage of 37,13%, pH 4,7, vitamin C 7,120 mg/ml. at in intensity 125 mW/cm² for 60 minutes, the number of active bacteria was 27x10⁷ CFU/ml with a bacterial decrease percentage of 86,18%, pH 5,8, vitamin C 2,773 mg/ml. UV-C exposure did not have a significant effect on the color, taste, and aroma of apple juice due to the effect of oxidation. This shows that UV-C can inhibit the growth of *Listeria monocytogenes* bacteria and increase the pH value with increasing intensity and duration of exposure but can reduce vitamin C levels in apple cider.

الملخص

دويانتي ، ويندا اوليا. ٢٠٢٢. تأثير التعرض للأشعة فوق البنفسجية-ج (UV-C) على النمو البكتيري للـ *Listeria monocytogenes* في عصير التفاح. البحث العلمي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا جامعة الإسلامية مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف الأول: الدكتور الحاج أكوس مليونو الماجستير، المشرف الثاني: أحمد لطفين الماجستير.

الكلمات الأساسية:

غالبًا ما يتم استهلاك التفاح في شكل عصير (مشروبات) غير معمرة لأنها ملوثة بالبكتيريا المسببة للأمراض، وهي *Listeria monocytogenes* التي يمكن أن تسبب الليستريات (الليستريات). الأشعة فوق البنفسجية - ج هي تقنية إشعاع فعالة لمنع نمو الكائنات الحية الدقيقة في المنتج. هدفت هذه البحث إلى تحديد تأثير التعرض لأشعة UV-C على نمو *Listeria monocytogenes* في عصير التفاح. تبدأ الطريقة المستخدمة في هذه البحث بنمو البكتيريا في العينة التي تتعرض بعد ذلك لأشعة UV-C بقوة 0 mW/cm^2 ، 50 mW/cm^2 ، 75 mW/cm^2 ، 100 mW/cm^2 ، و 125 mW/cm^2 ، ولمدة 15 دقيقة و 30 دقيقة و 45 دقيقة و 60 دقيقة. وأظهرت النتائج أنه في المعاملة الضابطة كان عدد البكتيريا النشطة هو $193 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$ ، مع درجة الحموضة 4,5، ومستويات فيتامين ج $11,633 \text{ mg/ml}$. نتج عن التعرض لأشعة UV-C بكثافة 50 mW/cm^2 لمدة 45 دقيقة عدد البكتيريا النشطة $121 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$ مع نسبة مئوية انخفاض البكتيريا 37,13% ودرجة الحموضة 4,7 ومحتوى فيتامين ج $7,120 \text{ mg/ml}$. عند الكثافة 125 mW/cm^2 لمدة 60 دقيقة، أدى عدد البكتيريا النشطة $27 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$ إلى انخفاض نسبة البكتيريا 86,18%، ودرجة الحموضة 5,8، ومحتوى فيتامين ج $2,773 \text{ mg/ml}$. لم يكن للتعرض لأشعة UV-C تأثير معنوي على لون وطعم ورائحة عصير التفاح بسبب تأثير الأكسدة. يوضح هذا أن الأشعة UV-C يمكن أن تمنع نمو *Listeria monocytogenes* المستوحدة (المستوحدة) وتزيد من قيمة درجة الحموضة مع زيادة كثافة ومدة التعرض ولكن يمكن أن تقلل من مستويات فيتامين ج في عصير التفاح.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara beriklim tropis yang memiliki potensi sumber daya alam melimpah, terutama di bidang pertanian. Salah satu hasil pertanian yang memiliki potensi terbesar adalah buah-buahan. Buah-buahan pascapanen termasuk dalam komoditas hortikultural yang memegang peranan penting dalam pembangunan pertanian di Indonesia. Fungsi buah-buahan sangat penting untuk proses metabolisme tubuh karena mengandung berbagai vitamin dan mineral (Ganeva, 2006). Berbagai jenis buah-buahan dapat tumbuh dengan baik di Indonesia sehingga mengakibatkan produktivitas buah-buahan semakin meningkat. Peningkatan produktivitas buah-buahan tersebut diseimbangi dengan tingginya daya konsumsi pangan masyarakat Indonesia.

Apel merupakan salah satu buah yang sering dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia karena mengandung beragam nutrisi yang baik untuk tubuh. Berdasarkan data Biro Pusat Statistik, rata-rata konsumsi apel penduduk Indonesia adalah 0,10 kg perkapita pertahun dan mengalami peningkatan rata-rata 0,10% tiap tahun dari tahun 1987 sampai tahun 1996 (Bastian, 2004). Dalam 100 gram buah apel mengandung protein 0,26 gram, lemak 0,17 gram, karbohidrat 13,81 gram, serat 2,4 gram, gula 10,39 gram, air 85,56 gram, serta mengandung vitamin A, B, C, E, dan vitamin K (Sofwan, 2013). Selain itu, apel juga mengandung flavonoid dalam bentuk quercetin dengan jumlah tinggi yang dipercaya dapat melindungi tubuh dari beberapa jenis penyakit degeneratif dengan cara mencegah terjadinya proses peroksidasi lemak (Waji & Sugrani, 2009).

Buah apel lebih sering dikonsumsi dalam bentuk cair (seperti jus atau sari buah) dibandingkan dalam bentuk segar (buah potong) karena mengonsumsi sari buah apel secara rutin dapat menghidrasi tubuh menjadi lebih maksimal. Selain itu, pengonsumsi buah dalam bentuk utuh dengan jumlah yang banyak agak sulit dilakukan karena volumenya yang besar atau *bulky*, sehingga masyarakat lebih suka mengonsumsi apel dalam bentuk jus atau sari buah (Wirakusumah, 2006). Salah satu manfaat sari buah apel bagi tubuh manusia adalah dapat memperlancar saluran pencernaan (Yulianti et al., 2007). Akan tetapi, sari buah apel memiliki suatu kekurangan yaitu tidak dapat tahan lama dan mudah mengalami pembusukan. Akibat adanya hal tersebut peneliti ingin menyelidiki dan mencari solusi agar sari buah apel dapat tahan lebih lama.

Berdasarkan Ayat Al-Qur'an, Allah telah menciptakan berbagai jenis tanaman yang banyak manfaatnya, Allah berfirman dalam Surat Al An'am ayat 99:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنَ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَبِهٍ ۗ أَنْظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ ۗ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ ﴿٩٩﴾

Artinya: "Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman." (Q.S Al An'am:99).

Berdasarkan tafsir Al Maraghi ayat diatas menjelaskan bahwa Allah SWT menurunkan air dari langit dan ditumbuhkan berbagai macam tumbuhan yang subur dan dikeluarkan dari tumbuh-tumbuhan yang hijau dan subur itu berbagai macam tumbuhan yang serupa dan tidak serupa. Serupa dalam bentuk daun dan buahnya

tapi berbeda dalam warna buah dan rasanya. Hal itu menunjukkan kekuasaan dan kebijaksanaan Allah SWT. Berdasarkan tafsir tersebut dapat dikaji bahwa Allah SWT menyuburkan tumbuh-tumbuhan dan buah-buahan dimuka bumi dengan menurunkan air hujan. Dari berbagai macam tumbuhan dan buah-buahan tersebut terdapat banyak manfaat untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia. Salah satu buah yang memiliki banyak manfaat untuk tubuh adalah buah apel. Adapun manfaat dari buah apel yang dikonsumsi dalam bentuk sari buah antara lain adalah dapat menyehatkan mata dan gigi, menangkal radikal bebas, memperbaiki jaringan tubuh, mencegah diabetes dan efektif untuk menurunkan berat badan (Suryana, 2018). Demikian juga disebutkan kalam ulama' dalam kitab Tibb al-aimma halaman 135 sehubungan dengan khasiat buah apel:

جَابِرُ بْنُ عُمَرَ السَّكْسَكِيُّ قَالَ: حَدَّثَنَا مُحَمَّدُ بْنُ عَيْسَى عَنْ أَيُّوبَ بْنِ فَضَالَةَ عَنْ مُحَمَّدِ بْنِ مُسْلِمٍ قَالَ: قَالَ أَبُو عَبْدِ اللَّهِ الصَّادِقُ عَلَيْهِ السَّلَامُ: لَوْ يَعْلَمُ النَّاسُ مَا فِي النَّفَّاحِ مَا دَاوَوْا مَرَضَاهُمْ إِلَّا بِهِ أَلَا وَ إِنَّهُ أَسْرَعُ شَيْءٍ مَنفَعَةً لِلْفُؤَادِ خَاصَّةً وَ إِنَّهُ نَضُوحُهُ

“Dari Jabir bin 'Umar Al-saksakiyya berkata: Kami diberitahu oleh Muhammad bin Isa dari Ayub bin Fadha'l dari Muhammad bin muslim berkata: Abu Abdilllah Shadiq AS, berkata: Sekiranya orang-orang tahu apa yang terkandung dalam buah apel, maka mereka akan mengobati penyakit-penyakit mereka hanya dengan buah apel, dan itu adalah hal yang paling bermanfaat dan paling bermanfaat” (Tibb al-aimma hal: 135).

Berdasarkan hadits diatas menjelaskan bahwa buah apel memiliki banyak manfaat terutama untuk mengobati berbagai macam penyakit. Hal tersebut dapat diketahui dari kata “خَاصَّةً” yang bermakna “sangat bermanfaat”. Adapun manfaat dari buah apel yang dikonsumsi dalam bentuk sari buah antara lain adalah dapat menyehatkan mata dan gigi, menangkal radikal bebas, memperbaiki jaringan tubuh, mencegah diabetes dan efektif untuk menurunkan berat badan (Suryana, 2018).

Telah diketahui bahwasanya sari buah apel bersifat mudah busuk dan tidak dapat tahan lama dikarenakan pada buah apel dapat terkontaminasi oleh bakteri patogen yaitu *Listeria Monocytogenes*. Bakteri ini dapat menyebabkan penyakit listeria (listeriosis). Listeria adalah salah satu penyakit yang menjadi perhatian ahli mikrobiologi karena bakteri *Listeria Monocytogenes* merupakan salah satu penyebab penyakit yang serius dengan tingkat kematian 20-30%. Bakteri tersebut dapat hidup bebas dan tersebar luas di alam, tahan terhadap asam, panas, dan garam. Bakteri ini juga dapat hidup dan tumbuh pada suhu 4°C dan membentuk biofilm (Harsoyo, 2002).

Pada tahun 2014, banyak kasus keracunan yang terjadi di Amerika dan dilaporkan bahwa jumlah pasien yang terinfeksi bakteri *Listeria Monocytogenes* sebanyak 35 orang dengan 11 orang diantaranya adalah wanita hamil, 1 janin meninggal, dan 3 orang anak-anak berusia 5-15 tahun. Berdasarkan data *Centers For Disease Control and Prevention*, diperkirakan terdapat 1600 kasus dengan diantaranya 260 kasus kematian yang diakibatkan oleh listeriosis setiap tahun di Amerika Serikat. Tingkat insiden rata-rata listeriosis pada tahun 2013 di Amerika Serikat adalah 0,23 kasus per 100.000 individu (CDC, 2014).

Terdapat berbagai cara dalam mencegah kontaminasi terhadap makanan atau minuman salah satunya dengan memperhatikan teknik pengolahan suatu produk. Teknik pengolahan dan pengawetan makanan dan minuman sangat beragam diantaranya dengan pendinginan, pembekuan, pengemasan, pengalengan, dengan bahan kimia, pemanasan, fermentasi, dan teknik radiasi. Produk minuman yang telah di olah pabrik umumnya telah diawetkan dan terdapat kandungan kimia seperti asam benzoat, yang apabila dikonsumsi secara terus menerus dapat

mengiritasi lambung (Cahyadi, 2008). Pengemasan dengan bahan plastik dapat memicu adanya penyakit kanker dikarenakan terdapat migrasi atau perpindahan zat-zat monomer seperti vinil klorida dan akrilonitril ke dalam minuman atau makanan (Koswara, 2006). Hal ini menjadi alasan untuk menemukan alternatif proses pengawetan pada minuman tanpa menggunakan bahan pengawet dan tidak berbahaya untuk dikonsumsi.

Secara alamiah beberapa bakteri mengakumulasi peka terhadap cahaya yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa adanya penyinaran terhadap bakteri dengan spektrum panjang gelombang dan dosis energi penyinaran yang tepat menyebabkan fotoinaktivasi (penghambatan aktivitas metabolisme sel) 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 melibatkan proses fotosensitisasi, yaitu proses penyerapan reaksi kimia menghasilkan berbagai spesies oksigen reaktif (Astuti et al., 2011).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mempertahankan kualitas sari buah apel agar tetap baik adalah dengan teknik radiasi. Teknik radiasi yang umum digunakan untuk pengawetan sari buah adalah menggunakan sinar ultraviolet (UV) (Cahyonugroho, 2001). UV-C merupakan metode non kimia yang dapat menunda degradasi klorofil, menghambat kerusakan sel serta dapat mempertahankan kapasitas antioksidan (Yanuriati et al., 2009). Teknik radiasi UV-C dilakukan dengan cara penyinaran yang bertujuan untuk mengurangi penurunan kualitas

akibat pembusukan dan kerusakan, serta menghambat pertumbuhan bahkan dapat membunuh mikroorganisme yang tidak dikehendaki. DNA yang mengabsorpsi sinar UV akan membentuk ikatan rangkap dua pada molekul-molekul pirimidin sehingga mikroorganisme tidak dapat melakukan replikasi (Cahyonugroho, 2005).

Penelitian pemaparan sinar UV-C terhadap suatu bahan telah dilakukan sebelumnya. Menurut (Arinda & Yuniarta, 2015), pemaparan UV-C terhadap sari buah salak pondoh dengan daya lampu 60 watt dan lama penyinaran 50 menit UV-C memberikan pengaruh nyata terhadap total mikroba dan warna. Perlakuan iradiasi sinar UV-C terhadap karakteristik sari buah murbei (*Morus alba L.*) dengan daya lampu 30 watt selama 60 menit memberikan pengaruh nyata terhadap kadar antosianin, aktivitas antioksidan, nilai pH, dan organoleptik sari buah murbei (Chintya & Nisa, 2015). Penelitian lain yang dilakukan oleh (Suharyono & Kurniadi, 2012) menyebutkan bahwa perlakuan terbaik dari efek sinar ultraviolet terhadap karakteristik sari buah tomat selama 50 detik berpengaruh terhadap total mikroba $1,3 \times 10^7$ CFU/ml, kandungan vitamin C 24,64 mg/100g, dan kandungan likopen 0,36. Selain itu, paparan sinar UV-C juga berpengaruh terhadap pH dan total padatan terlarut nira aren, dimana nira aren yang di papari sinar UV memiliki nilai pH lebih rendah dibandingkan dengan tanpa penyinaran. Sinar UV juga mampu menjaga kestabilan total padatan terlarut (TPT) yang ada di dalam nira aren (Ansar et al., 2019).

Berdasarkan literatur di atas menyatakan bahwa diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai inaktivasi bakteri pada sari buah menggunakan sinar UV-C dengan spektrum cahaya yang telah disesuaikan, dengan variasi intensitas dan lama paparan, serta dilakukan analisis organoleptik yang meliputi warna, rasa, dan

aroma, serta pengujian pH untuk mengetahui kualitas sari buah setelah diberikan perlakuan. Dengan adanya penelitian ini diharapkan masyarakat Indonesia dapat melakukan proses pengawetan dengan mengurangi pertumbuhan bakteri patogen pada sari buah yang dikonsumsi dan metode yang aman bagi tubuh. Oleh karena itu, judul dari penelitian ini adalah “Pengaruh Pemaparan Sinar Uv-C Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Listeria Monocytogenes*, pH, Kadar Vitamin-C Dan Organoleptik Pada Sari Buah Apel”.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh intensitas dan lama paparan sinar UV-C terhadap pertumbuhan bakteri *Listeria Monocytogenes* pada sari buah apel?
2. Bagaimana pengaruh intensitas dan lama paparan sinar UV-C terhadap pH pada sari buah apel?
3. Bagaimana pengaruh intensitas dan lama paparan sinar UV-C terhadap organoleptik pada sari buah apel?
4. Bagaimana pengaruh intensitas dan lama paparan sinar UV-C terhadap kadar vitamin C pada sari buah apel?

1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui pengaruh intensitas dan lama paparan sinar UV-C terhadap pertumbuhan bakteri *Listeria Monocytogenes* pada sari buah apel.
2. Untuk mengetahui pengaruh intensitas dan lama paparan sinar UV-C terhadap pH pada sari buah apel.
3. Untuk mengetahui pengaruh intensitas dan lama paparan sinar UV-C terhadap organoleptik pada sari buah apel.

4. Untuk mengetahui pengaruh intensitas dan lama paparan sinar UV-C terhadap kadar vitamin C pada sari buah apel.

1.4 Manfaat

1. Sebagai informasi kepada masyarakat tentang metode alternatif untuk pengawetan minuman olahan dan mengurangi pertumbuhan bakteri *Listeria Monocytogenes* pada sari buah apel sehingga dapat memperkecil resiko terkena penyakit listeriosis.
2. Sebagai salah satu bahan referensi untuk penelitian selanjutnya tentang optimasi sinar UV-C untuk inaktivasi bakteri patogen pada minuman olahan dengan memperhatikan kualitas produk.

1.5 Batasan Masalah

1. Sampel yang digunakan adalah sari buah apel manalagi yang telah disaring.
2. Variasi intensitas dan lama paparan dilakukan dengan jarak konstan antara sinar UV-C dan sampel.
3. Organoleptik sari buah apel yang diteliti adalah warna, rasa, dan aroma.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Sinar Ultraviolet (UV)

2.1.1 Pengertian Sinar Ultraviolet

Sinar Ultraviolet (UV) merupakan radiasi gelombang elektromagnetik yang bersumber dari matahari. Ahli fisika Jerman yang bernama Johan Wihelm Ritter merupakan seorang ilmuwan fisika yang berhasil menemukan sinar UV pada tahun 1801 dengan percobaannya terhadap garam perak yang dipapari sinar matahari (Ma'at, 2009).

Radiasi gelombang elektromagnetik dikelompokkan menjadi 3 jenis yaitu radiasi ultraviolet (UV), cahaya tampak dan inframerah (IR). Gelombang ini tidak memerlukan medium untuk merambat (Halliday et al., 1972). Spektrum sinar UV merupakan elektromagnetik yang terentang pada rentang panjang gelombang 100-400 nm, yaitu UV-A (320-400 nm), sinar UV-B (280-320 nm), dan UV-C (100-280 nm), sehingga dapat dikelompokkan sebagai berikut (Ma'at, 2009):

Tabel 2. 1 Pembagian Spektrum Elektromagnetik dari Sinar Ultraviolet

Nama	Panjang gelombang (nm)	Energi per poton
Ultraviolet A (UV-A)	400-315 nm	3.10-3.94 eV
<i>Near</i> (NUV)	400-300 nm	3.10-4.13 eV
Ultraviolet B (UV-B)	315-280 nm	3.94-4.43 eV
<i>Middle</i> (MUV)	300-200 nm	4.13-6.20 eV
Ultraviolet C (UV-C)	280-100 nm	4.43-12.4 eV
<i>Far</i> (FUV)	200-122 nm	6.20-10.2 eV
<i>Vacuum</i> (VUV)	200-10 nm	6.20-124 eV

Kematian sel dapat dipengaruhi oleh spektrum cahaya dengan intensitas tinggi. Iradiasi UV ini dapat menyebabkan kerusakan DNA. Basa purin dan

pirimidin sebagai materi dasar DNA yang menyerap radiasi UV terbanyak, penyerapan maksimum untuk DNA dan RNA terjadi pada panjang gelombang UV 265 nm (Anderson et al., 2000). Gangguan pada DNA ini dapat menyebabkan kematian sel. Selain itu, penyinaran UV juga dapat menyebabkan beberapa efek kerusakan seperti aliran ion yang abnormal, peningkatan permeabilitas membran dan depolarisasi membran sel (Nur et al., 2005).

Sumber energi terbesar radiasi UV berasal dari matahari yang menembus atmosfer dan statosfer sampai permukaan bumi. Radiasi UV juga dapat dihasilkan dari buatan manusia, yaitu *incandescent* (lampu halogen tungsten), lampu neon (lampu yang digunakan pada industri untuk fotopolimerisasi yang memiliki intensitas tinggi, lampu germisidal untuk sterilisasi serta lampu untuk pengelasan metal), dan lampu UV (seperti: *excimer laser*) (Alatas, Z., 2001).

Firman Allah SWT yang menjelaskan teori tentang cahaya terdapat dalam Q.S An-Nur ayat 35.

اللَّهُ نُورُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ ۚ مَثَلُ نُورِهِ ۚ كَمَشْكُوَةٍ فِيهَا مِصْبَاحٌ مِّنَ الْمِصْبَاحِ فِي زُجَاجَةٍ ۚ
الزُّجَاجَةُ كَأَنَّهَا كَوْكَبٌ دُرِّيٌّ يُوقَدُ مِن شَجَرَةٍ مُّبْرَكَةٍ زَيْتُونَةٍ لَا شَرْقِيَّةٍ وَلَا غَرْبِيَّةٍ يَكَادُ زَيْتُهَا
يُضِيءُ وَلَوْ لَمْ تَمْسَسْهُ نَارٌ ۚ نُورٌ عَلَى نُورٍ ۗ يَهْدِي اللَّهُ لِنُورِهِ ۚ مَن يَشَاءُ ۗ وَيَضْرِبُ اللَّهُ الْأَمْثَلَ
لِلنَّاسِ ۗ وَاللَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ ﴿٣٥﴾

Artinya: “Allah (Pemberi) cahaya (kepada) langit dan bumi. Perumpamaan cahaya Allah, adalah seperti sebuah lubang yang tak tembus, yang di dalamnya ada pelita besar. Pelita itu di dalam kaca (dan) kaca itu seakan-akan bintang (yang bercahaya) seperti mutiara, yang dinyalakan dengan minyak dari pohon yang berkahnya, (yaitu) pohon zaitun yang tumbuh tidak di sebelah timur (sesuatu) dan tidak pula di sebelah barat(nya), yang minyaknya (saja) hampir-hampir menerangi, walaupun tidak disentuh api. Cahaya di atas cahaya (berlapis-lapis), Allah membimbing kepada cahaya-Nya siapa yang dia kehendaki, dan Allah memperbuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia, dan Allah Maha Mengetahui segala sesuatu.” (Q.S An-Nur:35).

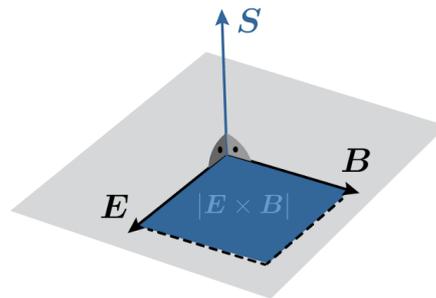
Berdasarkan tafsir Quraish Shihab pada ayat diatas menyatakan bahwa Allah SWT adalah sumber segala cahaya di langit dan di bumi. Dialah yang menerangi keduanya dengan cahaya yang bersifat materil yang dapat kita lihat dan berjalan di bawah cahayanya. Dalam ayat ini disebutkan bahwa Allah SWT sebagai "An-Nur" sebagaimana dalam lafadz “اللَّهُ نُورُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ” maka yang dimaksud bukanlah cahaya empirik dan kasat mata. Selain itu, pada lafadz “الْمِصْبَاحُ فِي رُجَاةٍ” Allah SWT menunjukkan kejelasan cahaya-Nya yang agung dan bukti-buktinya yang mengagungkan adalah seperti cahaya sebuah lampu yang dapat menerangi. Lampu itu dapat mengumpulkan cahaya, membiaskan cahaya (refraksi) dan memantulkan cahaya (refleksi). Lampu itu berada dalam kaca bening dan bersinar seperti matahari. Seperti Lampu UV-C ketika dipancarkan kepada suatu objek maka akan mengalami pemantulan dan absorpsi. Kemudian dijelaskan lebih lanjut pada lafadz “نُورٌ عَلَى نُورٍ” yang memiliki arti “cahaya di atas cahaya (berlapis-lapis)” dalam hal ini merupakan sinar UV-C yang memiliki 3 macam tingkatan panjang gelombang yaitu UV-A (320-400 nm), sinar UV-B (280-320 nm), dan UV-C (100-280 nm). Demikianlah bukti-bukti materi dan maknawi yang terpancar di alam raya ini menjadi tanda-tanda yang jelas yang menghapus keraguan akan wujud Allah dan kewajiban beriman kepada-Nya. Dikatakan demikian karena sifat cahaya kilat tersebut adalah sangat kuat dan keras tetapi penglihatan dan keimanan mereka sangat lemah.

2.1.2 Intensitas Sinar Ultraviolet

Energi foton dapat mempengaruhi metabolisme seluler pada selaput jaringan ketika ia mengenai suatu selaput jaringan tersebut. Energi foton mampu mengalami beberapa reaksi seperti fotokimia, koagulasi, vaporsi, fototermal, fotoablasi, dan

fotodistribusi. Beberapa reaksi tersebut bergantung pada intensitas dan waktu interaksinya, seperti penjabaran sebagai berikut (Boulnois, 1986):

- Intensitas $10^{-3} \text{ mW/cm}^2 - 10^0 \text{ mW/cm}^2$ dengan waktu 10^0 detik – 10^3 detik terjadi efek fotokimia.
- Intensitas $10^0 \text{ mW/cm}^2 - 10^3 \text{ mW/cm}^2$ dengan waktu 10^{-3} detik – 10^0 detik terjadi koagulasi dan vaporsi.
- Intensitas $10^3 \text{ mW/cm}^2 - 10^8 \text{ mW/cm}^2$ dengan waktu 10^{-9} detik – 10^{-4} detik terjadi efek termal dan fotoablasi.
- Intensitas $10^9 \text{ mW/cm}^2 - 10^{13} \text{ mW/cm}^2$ dengan waktu 10^{-13} detik – 10^{-19} detik terjadi efek fotodistribusi.



Gambar 2. 1 Arah Vector Poynting

Intensitas sinar UV berkaitan erat dengan teori *vector poynting*. *Vector poynting* merupakan penggambaran laju energi per satuan waktu per satuan luas penampang medium yang dilewati oleh suatu gelombang dari nilai sesaat maupun nilai rata-rata. Nilai *vector poynting* yang besar menggambarkan suatu intensitas gelombang elektromagnetik yang besar juga. Adapun perbedaan dari *vector poynting* dengan intensitas gelombang yaitu *vector poynting* merupakan besaran vektor yang menggambarkan arah perambatan gelombang dan besarnya kerapatan energi gelombang per satuan waktu sedangkan intensitas gelombang merupakan besaran skalar (Effendi, 2007). *Vector poynting* dapat di rumuskan (Steck, 2008):

$$S = E \times H \quad (2.1)$$

Keterangan:

S = Vector poynting (W/m^2)

E = Medan listrik (KV/m)

H = Hamilton yang bernilai $\frac{B}{\mu_0}$

B = Medan magnet ($Weber/m^2$)

μ_0 = Permeabilitas ($4\pi \times 10^{-7} Wb/Am$)

Sehingga:

$$S = E \times \frac{B}{\mu_0} \quad (2.2)$$

Keterangan:

S = Vector poynting (W/m^2)

E = Medan listrik (KV/m)

H = Hamilton yang bernilai $\frac{B}{\mu_0}$

B = Medan magnet ($Weber/m^2$)

μ_0 = Permeabilitas ($4\pi \times 10^{-7} Wb/Am$)

Dimana:

$$E = \frac{1}{2} [E_0 e^{i(kr-\omega t)} + E_0 e^{-i(kr-\omega t)}] \quad (2.3)$$

$$B = \frac{1}{2} \left[\frac{k \times E_0}{\omega} e^{i(kr-\omega t)} + \frac{k \times E_0}{\omega} e^{-i(kr-\omega t)} \right] \quad (2.4)$$

Keterangan:

E = Medan listrik (KV/m)

B = Kuat medan magnet ($Weber/m^2$)

k = Ketetapan gelombang (m^{-1})

r = Jarak titik sumber (m)

ω = Frekuensi sudut (rad/s)

Dengan substitusi persamaan 2.1, 2.2, 2.3, dan 2.4 diperoleh rata-rata *vector pointing* (Michael, 2008):

$$\langle S \rangle_t = \hat{u} \frac{n\epsilon_0 c}{2} \left(|E_{0x}|^2 + |E_{0y}|^2 + |E_{0z}|^2 \right) e^{-2\frac{k\omega}{c} \hat{u} \cdot r} \quad (2.5)$$

$\langle S \rangle_t$ disebut sebagai radiasi yang terpasang pada bidang tertentu, namun biasanya juga disebut intensitas yang bergerak pada arah \hat{u} . Pada gelombang elektromagnetik $-2\left(\frac{k\omega}{c}\right) \hat{u} \cdot r \cong 0$ maka secara umum, intensitas dapat dituliskan (Michael, 2008):

$$I = \frac{n\epsilon_0 c}{2} E_0 \cdot E_0^* = \frac{n\epsilon_0 c}{2} \left(|E_{0x}|^2 + |E_{0y}|^2 + |E_{0z}|^2 \right) e^{-2\frac{k\omega}{c}} \quad (2.6)$$

Keterangan:

I = Intensitas cahaya (W/cm^2)

n = Indeks bias

ϵ_0 = Permeabilitas (F/m)

C = Cepat rambat cahaya ($3 \times 10^8 m/s$)

Dimana foton sendiri dipandang sebagai satuan unit terkecil dari energi radiasi. Energi foton dapat berperan disemua spektrum elektromagnetik di berbagai panjang gelombang. Penyerapan cahaya (absorpsi) yaitu transformasi energi foton cahaya menuju bentuk energi foton cahaya yang lain saat bergerak melewati suatu zat. Ketika sinar UV melewati zat, intensitasnya akan terpengaruh sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut (Koutchma et al., 2009):

$$\frac{I_1}{I_0} = 10^{-a_{10}d} = 10^{-A} = e^{-a_e d} \quad (2.7)$$

Keterangan:

I dan I_0 = Intensitas sinar UV (W/cm^2)

d = Jarak yang ditempuh oleh cahaya

a_{10} = Koefisien absorpsi logaritmik medium (cm^{-1})

A =Absorbansi logaritmik suatu zat pada panjang gelombang tertentu

2.2 Sinar Ultraviolet C (UV-C)

2.2.1 Pengertian Sinar Ultraviolet C

UV-C merupakan sinar ultraviolet yang mampu membunuh dan memusnahkan bakteri, kuman, dan virus. UV-C umumnya bereaksi pada lapisan ozon yang paling jauh dari permukaan bumi sehingga meminimalkan gangguan pada kulit tubuh manusia. UV-C dapat diartikan sebagai metode yang aman untuk menggantikan penggunaan pestisida dan fungisida yang dapat meninggalkan residu berbahaya bagi kesehatan, berdampak negatif bagi lingkungan serta munculnya mikroorganisme yang resisten terhadap fungisida. Pemaparan UV-C pada buah dengan dosis rendah dapat menyebabkan produksi komponen antifungi dan menunda kematangan buah (Zhou et al., 2012).

Sinar ultraviolet C memiliki panjang gelombang yang paling pendek yaitu 280-100 nm yang dapat membunuh bakteri, virus, lumut, dll. UV-C merupakan metode non kimia yang dapat menunda degradasi klorofil, menghambat kerusakan sel serta dapat mempertahankan kapasitas antioksidan (Yanuriati et al., 2009).

Radiasi sinar UV-C (280 nm-100 nm) dapat digunakan dalam penanganan pascapanen produk hortikultura. Pada intensitas yang rendah, iradiasi UV-C dapat merangsang reaksi pada organ biologi (Shama & Alderson, 2005). Selain itu, daya lampu dan lama iradiasi UV juga berpengaruh terhadap karakteristik sari buah murbei, dimana hasil perlakuan terbaik menunjukkan lebih unggul dibandingkan

perlakuan kontrol. Perbedaan nyata dapat dilihat sebesar $\alpha = 0.05$ pada parameter kadar antosianin, aktivitas antioksidan, kecerahan, nilai °hue, skor kesukaan terhadap rasa, warna, dan aroma (Chintya & Nisa, 2015).

2.2.2 Pengaruh Waktu Paparan UV-C Pada Materi

Paparan UV-C jika dilakukan secara terus menerus akan mengakibatkan perubahan struktur dan komposisi serta mengakibatkan adanya stress oksidatif pada suatu objek (Biral et al., 2019). Hal ini dapat diamati pada kulit buah, apabila kulit buah dipapari sinar UV-C secara terus menerus maka akan mengakibatkan perubahan dalam jangka pendek yaitu bersifat akut seperti pigmentasi, eritema, fotosensitivitas, bahkan hingga efek panjang seperti pengerutan pada kulit buah (Tahir et al., 2002).

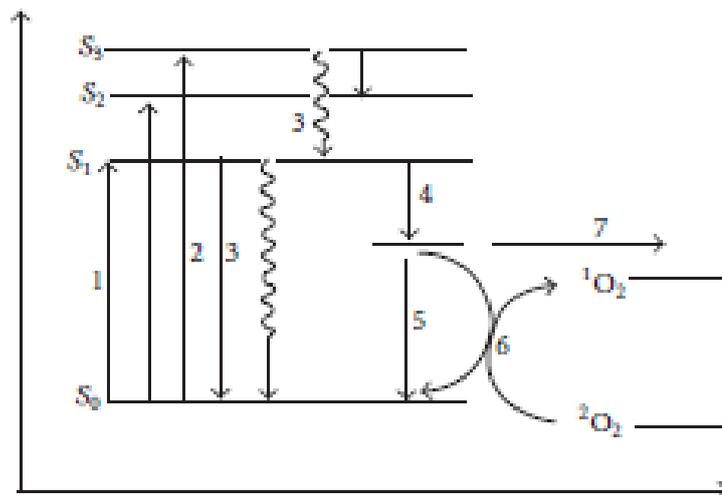
Lama pemaparan sinar UV-C dapat menghambat proses pembersihan buah dan sari buah. Menurut (Arinda & Yuniarta, 2015), pemaparan UV-C terhadap sari buah salak pondoh dengan daya lampu 60 watt dan lama penyinaran 50 menit UV-C memberikan pengaruh nyata terhadap total mikroba dan warna. Pemaparan UV-C pada waktu 5-10 menit pada dosis energi sebesar 0,43, 2,15, 4,30 $kJ m^{-2}$ pada buah strawberry dapat menghambat pembersihan buah (Erkan et al., 2008). Pengaruh lama penyinaran UV-C berpengaruh terhadap suatu objek yang dipapari, semakin lama penyinaran UV-C maka semakin lama pula waktu terhidrolisis (AOAC, 2005).

2.2.3 Interaksi Cahaya Terhadap Sel Bakteri

Proses fotokinaktivasi mengakibatkan kerusakan sel yang didasarkan pada dua mekanisme, yaitu kerusakan DNA dan kerusakan membran sitoplasma. Struktur DNA akan terpecah menjadi *double-strained* DNA apabila cahaya yang

diberikan diserap oleh *fotosensitizer*, sehingga akan menyebabkan kerusakan. Fotoinaktivasi juga dapat menyebabkan kebocoran sel atau inaktivasi sistem transport membran dan sistem enzim membran pada bakteri tersebut (Astuti et al., 2011).

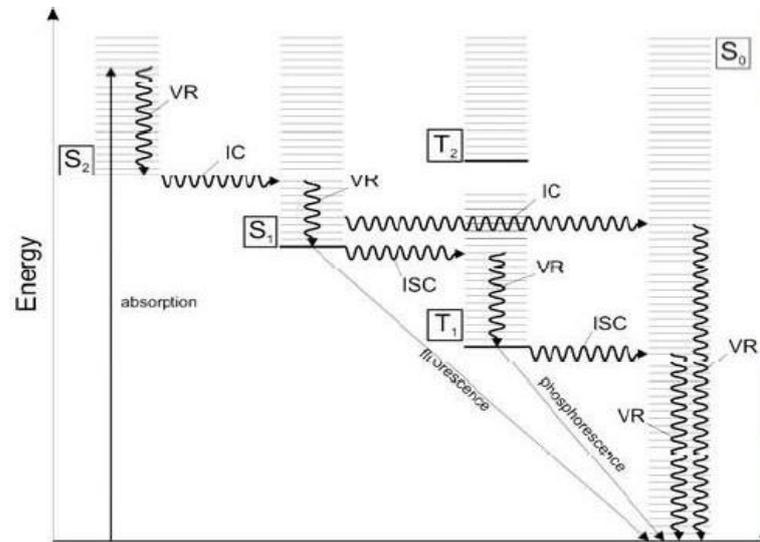
Tiga tahapan yang terjadi pada proses fotoinaktivasi yang meliputi, tahap fotofisika, berupa interaksi cahaya dengan molekul porfirin pada proses absorpsi foton dan diikuti dengan eksitasi elektron. Kemudian untuk tahap fotokimia, terjadi perubahan energi dan struktur elektron sebagai akibat dari eksitasi elektron. Sedangkan tahap fotobiologi, melibatkan perubahan sel organisme akibat interaksi cahaya (Astuti et al., 2011).



Gambar 2. 2 Mekanisme Cahaya Terhadap Sel Bakteri (Astuti et al., 2011)

Gambar 2.2 menunjukkan terjadinya interaksi cahaya terhadap sel bakteri. Pancaran cahaya diserap elektron molekul untuk menghidupkan keadaan pertama, setelah itu sistem dalam memotong keadaan triplet. Proses ini menyerap fluoresensi dari keadaan pertama ke keadaan dasar, kemudian energi dapat dihilangkan melalui perusakan bukan radiasi. Dari keadaan triplet, pancaran sinar atau radiasi fosforesensi dapat dihasilkan ketika ada energi yang hilang, energi tersebut

diteruskan ke oksigen terdekat untuk mendapatkan jenis reaksi oksigen dan sebagian dari energi lain mengalami proses efek fotokimia, dimana membran sel akan membengkak kemudian pecah (Astuti et al., 2011).



Gambar 2. 3 Mekanisme Fotofisika. S_0 adalah keadaan ground state. $S_1 \dots S_n$ adalah keadaan singlet ditandai dengan spin berpasangan, $T_1 \dots T_n$ adalah keadaan triplet ditandai spin elektron tidak berpasangan, tingkat vibrasi ditunjukkan oleh garis horisontal, transisi non radiatif oleh panah bergelombang, yang terdiri atas vibrational relaxation (VR), internal conversion (IC), panah ke bawah menunjukkan transisi radiatif.

Gambar 2.3 merupakan mekanisme fotofisika yang menginisiasi terjadinya proses fotokimia. 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 eksitasi elektronik. Hal ini cenderung kembali ke keadaan dasar, baik melalui reaksi kimia atau berubah menjadi panas yang dilepas ke lingkungan dalam proses internal conversion atau *vibrational relaxation* (Astuti et al., 2011).

Spin sebuah elektronik yang tereksitasi singlet S_n dapat terbalik, meninggalkan molekul pada keadaan eksitasi triplet T_n , yang disebut dengan *intersystem crossing*. Probabilitas terjadinya *intersystem crossing* meningkat jika

tingkat vibrasional singlet terendah mengalami *overlap* dengan satu dari tingkat vibrasional yang lebih tinggi dari keadaan triplet. Sebuah molekul pada tingkat vibrasional tinggi dari keadaan eksitasi triplet dapat kehilangan energi saat bertumbukkan dengan molekul lain, meninggalkannya pada tingkat vibrasional paling rendah dari keadaan triplet, dan selanjutnya molekul dapat mengalami *intersystem crossing* kedua pada tingkat vibrasional yang lebih rendah. Molekul tersebut akhirnya kembali ke tingkat vibrasional paling rendah dari keadaan dasar elektronik S_0 oleh relaksasi vibrasi (Astuti et al., 2011).

Molekul pada keadaan eksitasi triplet tidak selalu kembali ke keadaan dasar melalui intersystem crossing tetapi dapat kehilangan energi melalui emisi sebuah foton. Emisi dari transisi triplet-singlet disebut fosforesensi. Emisi pada eksitasi triplet terjadi ketika satu foton yang memiliki energi sebanding dengan energi dari dua keadaan elektronik berinteraksi dengan sebuah atom atau molekul yang tereksitasi. Molekul tidak langsung menuju keadaan dasar (*ground state*), sehingga memiliki waktu hidup yang cukup lama (sekitar $10^{-2} - 10^2$ detik). Kemudian molekul ini mentransfer energinya ke molekul oksigen (reaksi fotokimia) menyebabkan perpindahan molekul oksigen dari eksitasi triplet ke eksitasi singlet di atas *ground state* (Astuti et al., 2011).

Fotokimia adalah perubahan kimia yang disebabkan oleh cahaya. Proses ini terjadi ketika cahaya mengalami absorpsi oleh sistem. Perubahan kimia merupakan peristiwa yang muncul pada tingkatan molekul akibat absorpsi oleh foton. Proses ini berkaitan dengan proses fotofisika yang berperan dalam perubahan energi dan struktur elektron akibat eksitasi molekul setelah peristiwa absorpsi. Reaksi fotokimia terjadi pada keadaan triplet tereksitasi (Astuti et al., 2011).

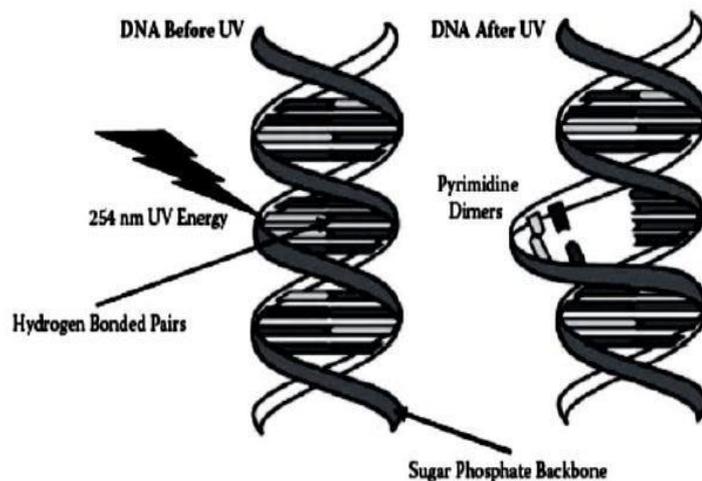
Mekanisme reaksi fotokimia pada molekul umumnya terjadi melalui (Astuti et al., 2011):

1. Molekul yang tereksitasi secara optis bereaksi secara langsung dengan substrat seperti membran sel atau molekul, dan mentransfer sebuah proton atau elektron membentuk anion atau kation radikal. Radikal ini akan bereaksi dengan oksigen menghasilkan oksigen reaktif (ROS). Superoksida anion yang terbentuk akan bereaksi dengan substrat menghasilkan hidrogen peroksida (H_2O_2). Pada konsentrasi tinggi hidrogen peroksida bereaksi dengan superoksida anion membentuk hidroksil radikal (reaksi *Haber Weiss*) yang dengan mudah berdifusi melalui membran dan merusak sel.
2. Keadaan triplet dapat mentransfer energinya secara langsung pada molekul oksigen yang berada pada keadaan eksitasi triplet membentuk oksigen singlet (1O_2) tereksitasi. Pada keadaan dasar, kebanyakan molekul organik memiliki semua pasangan spin elektron. Selama transisi elektronik, ketika elektron mengalami eksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi, elektron menjadi orbital yang tidak berpasangan. Spin mereka diorientasikan dalam bentuk anti paralel atau paralel yang lain.

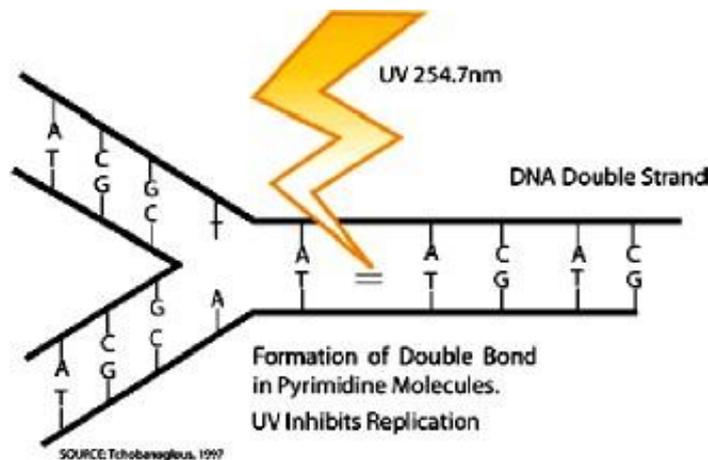
2.2.4 Mekanisme Ultraviolet Dalam Inaktivasi Bakteri

Mekanisme inaktivasi mikroorganisme oleh sinar UV dengan cara merusak asam nukleat sehingga mencegah replikasi mikroorganisme. Inti sel dikomposisi oleh rantai ganda DNA, yang diperlukan untuk sintesis ribosomal, transfer dan messenger RNA, yang bertanggungjawab pada proses sintesis dalam sel. DNA dan RNA merupakan polimer yang panjang terdiri dari kombinasi empat nukleotida. Nukleotida DNA tersusun atas pirimidin, purin, adenin dan guanidin,

timin, dan sitosin. Nukleotida RNA terdiri atas purin, adenin, guanin dan pirimidin, urasil dan sitosin. Ikatan yang membentuk kedua pasangan adalah ikatan hidrogen. Setiap nukleotida bisa pecah menjadi dua bagian yaitu gula phospat dan basa nitrogen. Mekanisme inaktivasi ultraviolet terhadap DNA dan RNA menghasilkan dimmer primidin seperti gambar berikut (Hariono et al., 2012):



Gambar 2. 4 Struktur DNA yang Pecah Karena Terpapar Sinar UV (Koutchma et al., 2009)



Gambar 2. 5 Efek Sinar UV pada DNA (Atilgan et al., 2005)

Penyerapan molekul DNA terhadap radiasi sinar UV bergantung pada panjang gelombang radiasi sinar UV. Sinar UV memiliki daya penetrasi yang sangat rendah. Maka dari itu penggunaan sinar UV lebih efektif pada permukaan

yang terpapar langsung oleh sinar UV, selain itu pada bakteri yang menempel pada medium yang transparan (Sarinaningsih, 2016). Radiasi ultraviolet dapat melakukan penetrasi ke dinding sel mikroorganisme serta mengubah komposisi asam nukleatnya. DNA atau RNA mikroorganisme yang menyerap UV tidak dapat melakukan replika karena pembentukan ikatan rangkap dua pada molekul-molekul pirimidin. Sifat patogenitas sel akan hilang ketika sel tidak dapat melakukan replika. Protein pada membrane sel yang mengabsorpsi radiasi sinar UV akan terjadi kerusakan atau bahkan sampai kematian sel (Cahyonugroho, 2001).

Asam nukleat mengabsorpsi sinar UV dan mengganggu struktur DNA dan RNA yang mendorong terjadinya kerusakan yang diawali dengan pembentukan dimer primidin, yaitu dengan membentuk ikatan antara pasangan timin atau sitosin-pirimidin yang berdekatan pada untai DNA atau RNA yang sama. Dimer ini mencegah mikroorganisme bereplikasi sehingga tidak aktif dan tidak mampu menginfeksi.

Paparan sinar UV mengganggu replikasi mikroorganisme, hal ini dikarenakan paparan sinar UV menyebabkan gangguan DNA dengan membentuk dimer timin yang mencegah transkripsi dan replikasi DNA (Ghannoum et al., 2012). Kondisi ini merangsang sistem perbaikan yang cenderung salah dalam mereplikasi sel melalui DNA yang rusak, sehingga terjadi mutasi sel. Penyerapan sinar UV menyebabkan terjadinya modifikasi kimiawi nukleoprotein dan menimbulkan hubungan silang antara pasangan-pasangan molekul timin. Hubungan ini menimbulkan salah baca dari kode genetika yang mengakibatkan

mutasi yang akan merusak atau memperlemah fungsi vital organisme (Waluyo, 2008).

2.3 Apel Manalagi (*Malus Sylvestris*)

2.3.1 Klasifikasi

Klasifikasi dari apel manalagi adalah sebagai berikut (USDA, 2000):

Kingdom	: Plantae
Devisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Sub kelas	: Rosidae
Bangsa	: Rosales
Suku	: Rosaceae
Marga	: Malus
Jenis	: <i>Malus Sylvestris</i>



Gambar 2. 6 Apel Manalagi (*Malus Sylvestris*) (USDA, 2000)

2.3.2 Morfologi

Apel Manalagi (*Malus Sylvestris*) adalah apel lokal yang berasal dari kota Malang dan telah banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia karena memiliki rasa yang manis, enak, segar, mudah di dapat, dan harganya cukup terjangkau (Anggraini et al., 2018).

Apel varietas manalagi memiliki ciri khas kulit hijau kekuningan dengan daging berwarna putih kekuningan. Apel jenis ini memiliki rasa yang manis dibandingkan jenis apel lain meskipun apel ini belum matang (Sa'adah & Estiasih, 2015).

Kandungan Pectin, Flavonoid, Niasin dan Vitamin C pada apel manalagi dipercaya dapat mengurangi kadar kolestrol darah Adapun kandungan gizi apel manalagi per 100 gram adalah sebagai berikut (Sa'adah & Estiasih, 2015):

Tabel 2. 2 Kandungan Gizi Apel Manalagi per 100 gram

No.	Kandungan Gizi	Jumlah
1	Total gula	8.29 g
2	Kadar asam	0.32 g
3	Glukosa	3.72 g
4	Fruktosa	4.5 g
5	Sukrosa	4.54 g
6	Gula/Asam	42.56 g
7	pH	4.62 g
8	Vitamin C	6.60 mg
9	Gula Pereduksi	6.96 g
10	Aktivitas Antioksidan	6.53 g

Apel manalagi mengandung beberapa zat seperti polifenol, flavonoid, saponin, pectin, dan iodium yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Dalam 1% pectin dapat membunuh bakteri streptococcus mutan yaitu penyebab penyakit gigi dan mulut (Wulandari, 2005).

Buah apel pada umumnya dikonsumsi sebagai buah segar, tetapi buah juga dapat dijadikan produk olahan seperti jenang, jeli, sari buah, selai, buah kalengan, keripik dan cuka apel (Pantastico, 1989). Sari buah apel merupakan salah satu

minuman buah yang sering dikonsumsi oleh masyarakat, sehingga perlu diperhatikan kontaminasi bakteri yang terjadi.

2.4 Bakteri

2.4.1 Definisi Bakteri

Bakteri merupakan organisme yang sangat kecil (mikroskopik) dan pada umumnya uniseluler (bersel tunggal), dengan struktur selnya yang relatif sederhana tanpa nukleus/inti sel, *cytoskeleton*, dan organel lain seperti mitokondria dan kloroplas. Istilah bakteri berasal dari kata Latin *bacterium* (jamak, *bacteria*), yang berarti suatu kelompok terbanyak dari organisme hidup (Campbell, 2010).

Menurut (Jawetz et al., 1995), bakteri adalah organisme bersel satu yang mempunyai kekhasan khusus dalam kondisi komposisi sel dibandingkan dengan sel makhluk lain pada umumnya. Organisme ini tidak memiliki selaput inti, tidak memiliki plastid khusus yaitu zat warna pada membran, tidak memiliki organel berselaput, mitokondria, lisosom, badan golgi dan retikulum endoplasma (RE), nukleus, dan nukleoplasma.

Pertumbuhan bakteri pada umumnya akan dipengaruhi oleh faktor-faktor tertentu. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri atau kondisi untuk pertumbuhan optimum adalah (Anonim, 2010):

1. Suhu

Berdasarkan kisaran suhu aktivitasnya, bakteri dibagi menjadi 3 golongan diantaranya bakteri psikrofil, yaitu bakteri yang hidup pada daerah suhu antara 0-30°C, dengan suhu optimum 15 °C. Bakteri mesofil, yaitu bakteri yang hidup di daerah suhu antara 15-55 °C, dengan suhu optimum 25-40 °C. Bakteri termofil,

yaitu bakteri yang dapat hidup di daerah suhu tinggi antara 40-75 °C, dengan suhu optimum 50-65 °C.

2. Kelembapan

Pada umumnya bakteri memerlukan kelembapan yang cukup tinggi, kira-kira 85%. Pengurangan kadar air dari protoplasma menyebabkan kegiatan metabolisme terhenti, misalnya pada proses pembekuan dan pengeringan.

3. Cahaya

Cahaya sangat berpengaruh pada proses pertumbuhan bakteri. Umumnya cahaya merusak sel mikroorganisme yang tidak berklorofil. Sinar ultraviolet dapat menyebabkan terjadinya ionisasi komponen sel yang berakibat menghambat pertumbuhan atau menyebabkan kematian. Pengaruh cahaya terhadap bakteri dapat digunakan sebagai dasar sterilisasi atau pengawetan bahan makanan.

2.4.2 Kerusakan Membran Sel

Kerusakan membran sel dapat terjadi ketika diberikan perlakuan suhu yang ekstrim. Ketika suhu yang diberikan semakin tinggi maka kerusakan membran akan semakin parah. Hal ini disebabkan oleh sifat membran sel yang tidak tahan terhadap keadaan temperatur yang terlalu dingin ataupun terlalu panas. Perlakuan panas terhadap permeabilitas membran menyebabkan kerusakan protein jika suhu lebih dari 600°C yang juga akan menyebabkan kerusakan dinding sel sehingga dapat mengeluarkan pigmen lebih banyak akibat denaturasi pada protein (Subowo, 1995).

Proses nekrosis diawali dengan kerusakan membran yakni proses pelepasan membran sel. Tingkat keparahan kerusakan membran ini juga merusak lisosom sehingga membuat organel pencernaan tersebut mengeluarkan enzimnya ke dalam

cairan sel (sitoplasma). Sehingga seluruh organel dan komponen sel "dikunyah" oleh enzim tersebut. Sedangkan proses apoptosis adalah kebalikannya, kerusakan justru berawal dari satuan terkecilnya yaitu kerusakan DNA dan larutnya inti sel. Selanjutnya sel tersebut terpecah menjadi pigmen-pigmen kecil dan mengalami fagositosis (Subowo, 1995).

Zat terlarut ada yang dapat melewati membran, dan ada yang tidak, tergantung pada sifat membran yang dilaluinya. Hubungan sifat-sifat molekul hidrofilik dan hidrofobik dengan permeabilitas membran adalah molekul hidrofilik merupakan molekul yang suka terhadap air dan bersifat polar sehingga dalam hal ini adalah metanol dan aquades serta molekul-molekul lain yang tidak bermuatan akan lebih mudah masuk ke dalam sel melalui membran. Sedangkan molekul hidrofobik adalah molekul yang tidak suka air dan bersifat non polar dalam hal ini adalah aseton dan benzene sehingga sukar melewati membran. Sifat molekul hidrofilik dan hidrofobik sangat berpengaruh dalam permeabilitas membran sehingga membran bersifat lebih selektif. Molekul hidrofilik dan hidrofobik berfungsi berfungsi sebagai gerbang dan sebagai pompa (Subowo, 1995).

2.5 Bakteri *Listeria Monocytogeneses*

2.5.1 Klasifikasi Bakteri *Listeria Monocytogeneses*



Gambar 2. 7 Bakteri *Listeria monocytogenes* (Laitinen et al., 2010)

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

2.5.2 Karakteristik dan Morfologi Bakteri *Listeria Monocytogenes*

Bakteri *Listeria monocytogenes* terklasifikasikan dalam basilus gram positif anaerob fakultatif, tidak membentuk spora, dan motil, yang dapat tumbuh pada suhu rendah (4-10°C). Bakteri ini ditemukan di tanah atau pada bahan makanan yang terkontaminasi oleh feses hewan. Infeksi dapat terjadi setelah mengonsumsi makanan yang terkontaminasi (Irianto, 2013). Bakteri *Listeria monocytogenes* termasuk dalam bakteri gram positif, dan bergerak dengan menggunakan flagella. Dalam suatu penelitian menunjukkan bahwa 1-10% manusia mungkin memiliki *Listeria monocytogenes* di dalam ususnya (Amalia, 2015).

Penelitian lain memaparkan bahwa *Listeria monocytogenes* dapat tumbuh baik di tempat aerob (dengan adanya oksigen) maupun anaerob (tanpa adanya oksigen). Tersebar luas di lingkungan seperti tanah, air, dan di tempat pakan ternak yang terbuat dari daun-daunan yang difermentasi. Bakteri *Listeria monocytogenes* dapat tumbuh pada kisaran suhu -0,4-4,5°C dengan suhu tumbuh optimal 37°C tergantung pada kondisi produk dan kemasan. Bakteri ini memiliki kemampuan bertahan pada suhu -20°C (Baverly, 2004).

2.5.3 Penyakit yang Disebabkan Bakteri *Listeria Monocytogeneses*

Listeriosis merupakan penyakit yang disebabkan oleh infeksi bakteri *Listeria monocytogenes*. Gejala listeriosis akan muncul kapan saja antara 3-70 hari pasca terinfeksi bakteri ini, rata-rata orang yang terinfeksi bakteri ini sekitar 21 hari setelah terinfeksi. Gejala umum yang di alami yaitu demam, nyeri otot, disertai mual atau diare (kurang umum) (Amalia, 2015).

Bakteri *Listeria monocytogenes* mengakibatkan penyakit listeriosis. Salah satu sumber potensial dari penyakit ini adalah makanan siap saji seperti produk daging dan susu yang tidak dipasteurisasi yang disimpan dalam waktu lama pada suhu 4°C. bakteri ini juga dapat ditemukan dalam produk makanan yang sudah di olah. Jika makanan terkontaminasi oleh bakteri *Listeria monocytogenes* maka dapat membahayakan kesehatan manusia. Oleh karena itu, diperlukan informasi lebih banyak mengenai pencegahan penyebaran bakteri tersebut di lingkungan atau kontaminan pada produk makanan asal ternak dan produk olahannya dapat dilakukan dengan tepat. Selain itu, juga perlu memperhatikan teknik deteksi yang cepat dan akurat terhadap keberadaan *Listeria monocytogenes* pada makanan agar terapi pada penderita penyakit ini dapat segera dilakukan (Ariyanti, 2010).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental, karena data yang akan digunakan bersifat data yang akan diambil langsung dari objek penelitian untuk memperoleh data pengamatan tentang pengaruh lama paparan dan intensitas sinar Ultraviolet C (UV-C) terhadap pertumbuhan bakteri *Listeria monocytogenes*, pH, dan organoleptik pada sari buah apel.

3.2 Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan pada bulan Desember 2021 di Laboratorium Riset Biofisika dan Laboratorium Optik Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat Dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat-Alat

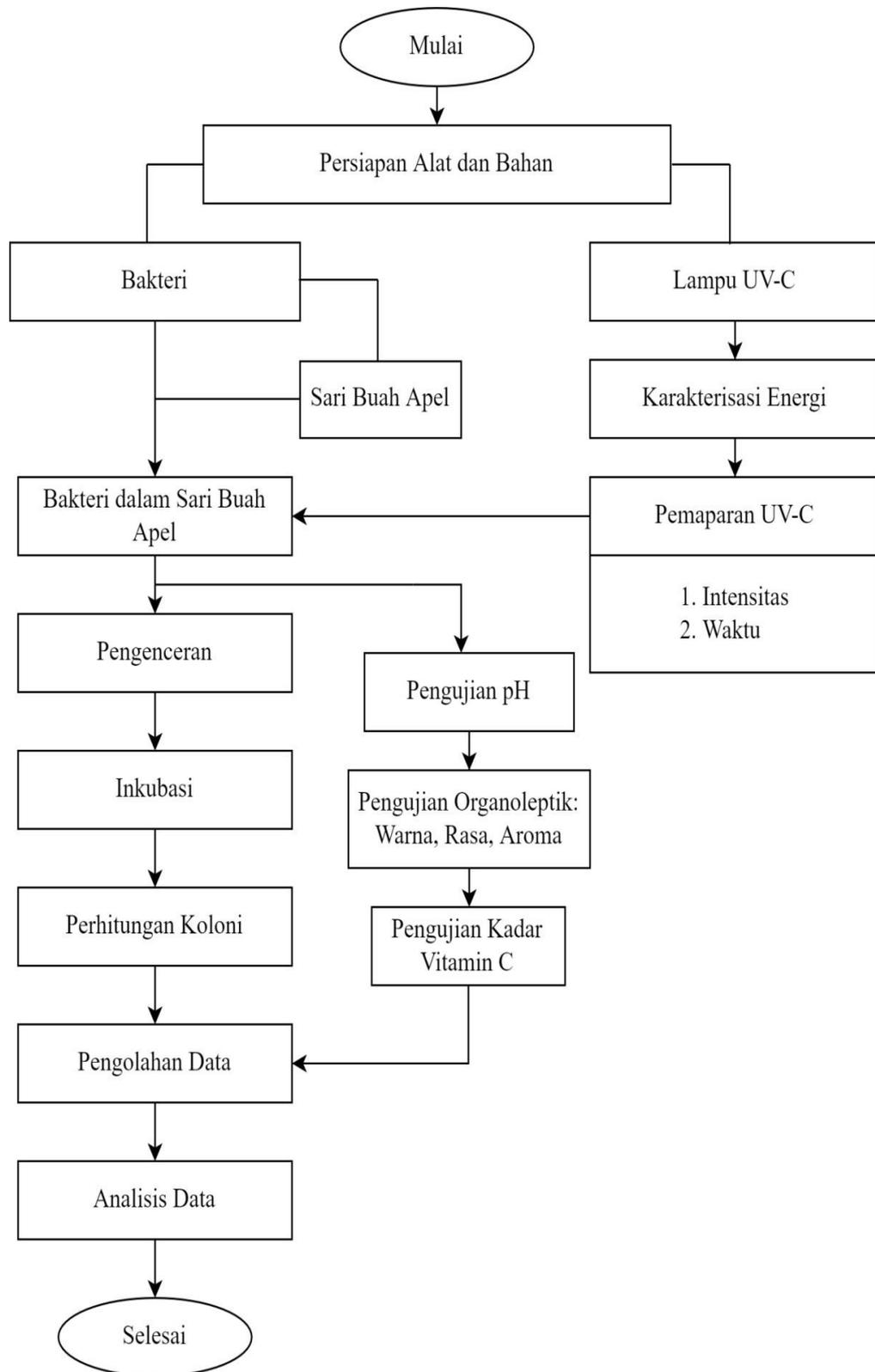
1. Lampu UV-C
2. Spektrofotometri UV-Vis
3. Kabel penghubung
4. Lux meter
5. Solder
6. pH meter
7. Erlenmeyer
8. Tabung reaksi
9. Rak tabung reaksi
10. LAF (Laminar Air Flow)

11. Bunsen
12. Kotak Gelap
13. Kertas
14. Kapas
15. Tissue
16. Botol Media
17. Autoklaf
18. Cawan petri
19. Pengaduk kaca
20. Inkubator
21. Plastik wrap
22. Gelas ukur 50 ml
23. Spertus
24. Beaker glass 500 ml
25. Plastik bungkus
26. Micropipet
27. Jarum ose
28. Botol flakon berukuran 20 ml
29. Timbangan analitik
30. Stopwatch
31. Spatula
32. Colony counter
33. Hot Plate
34. Aluminium foil

3.3.2 Bahan-Bahan

1. Bakteri *Listeria monocytogenes*
2. Sari buah apel
3. Asam askorbat
4. Media NA (Nutrien Agar)
5. Media NB (Nutrien Borth)
6. Media PCA (Plate Count Agar)
7. Aquades 70 %
8. Alkohol 70 %

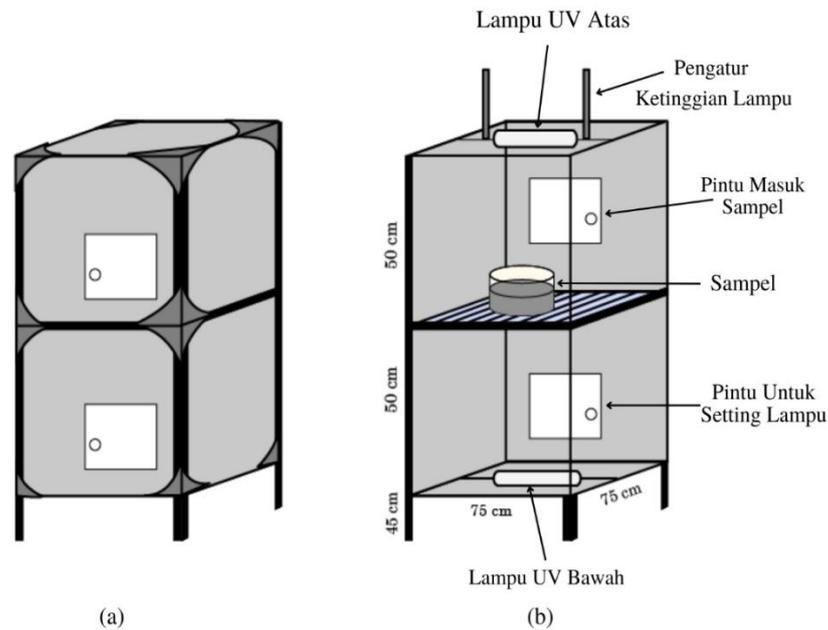
3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.5 Desain Rangkaian

Desain rangkaian alat rancangan yang dibuat sebagai kegiatan yang akan dilaksanakan. Adapun desain rangkaian alat adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 2 Desain Rangkaian Alat (a. tampak luar, b. tampak dalam)

3.6 Rancangan Penelitian

Penelitian ini di mulai dengan mempersiapkan alat dan bahan terlebih dahulu. Pertama, dilakukan pembuatan kotak UV-C yang sesuai dengan gambar 3.1. kotak UV-C terbuat dari kayu triplek yang dilapisi dengan alumunium foil pada bagian dinding-dindingnya dengan tujuan pada saat penyinaran sinar yang dihasilkan dapat dipantulkan dan dapat merata keseluruh sampel. Lampu UV-C yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 8 watt. Kedua, disiapkan sari buah apel untuk dipapari sinar UV-C dengan variasi intensitas 0 mW/cm^2 , 50 mW/cm^2 , 75 mW/cm^2 , 100 mW/cm^2 dan 125 mW/cm^2 dan variasi lama pemaparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit. Setiap perlakuan disiapkan sampel sebanyak 20 sampel sari buah dengan pengulangan sebanyak 3 kali sehingga dibutuhkan 60 sampel sari buah. Setelah dilakukan pemaparan maka dilakukan perhitungan koloni bakteri

melalui media PCA yang diinkubasi pada temperatur 37°C selama 24 jam dengan *colony counter*, kemudian juga dilakukan uji pH menggunakan pH meter, uji organoleptik (warna, rasa, dan aroma) dengan 3 panelis, dan uji kadar vitamin-C dengan bantuan spektrofotometri UV-Vis.

3.7 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

3.7.1 Sterilisasi

Dilakukan sterilisasi alat sebelum semua peralatan digunakan dengan cara membungkus semua peralatan dengan menggunakan kertas alumunium foil kemudian dimasukkan ke dalam autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 15 psi selama 15 menit. Alat yang tidak tahan panas tinggi disterilisasi dengan zat kimia berupa alkohol 70%. Sampel berupa sari buah apel disterilisasi sebelum ditumbuhi bakteri *Listeria monocytogenes*.

3.7.2 Pembuatan Media NA (*Nutrien Agar*)

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

3.7.3 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 sampai homogen.
3. Media NB dimasukkan ke dalam botol sebanyak 50 ml dan ditutup dengan kapas kemudian disterilisasi dalam autoklaf.

3.7.4 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 sampai homogen.
3. Media PCA disterilisasi dalam autoklaf.

3.7.5 Penumbuhan Bakteri *Listeria Monocytogenes*

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.

3.7.6 Penumbuhan Bakteri *Listeria Monocytogenes* pada Sampel

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

3.7.7 Perlakuan Pemaparan Sinar UV-C

1. Disiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Bakteri yang tumbuh pada sari buah apel diberi paparan sinar UV-C 0 mW/cm², 50 mW/cm², 75 mW/cm², 100 mW/cm² dan 125 mW/cm² dengan lama pemaparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit.

3. Perlakuan untuk paparan sinar UV-C diulangi sebanyak 3 kali pada sampel yang berbeda dengan variasi intensitas dan waktu yang sama.

3.7.8 Perhitungan Koloni Bakteri

1. Suspensi dari botol flakon kemudian dimasukkan ke dalam botol flakon steril berisi 9 ml aquades sebanyak 1 ml dan diberi tanda 10^{-1} .
2. Suspensi 10^{-1} 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^{-2} .
3. Suspensi 10^{-2} yang sudah dihomogenkan kemudian diambil sebanyak 1 ml dan dimasukkan ke dalam botol flakon steril yang berisi 9 ml aquades sebagai pengenceran ketiga dan diberi tanda 10^{-3} .
4. Suspensi 10^{-3} 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^{-4} .
5. Pengenceran dengan sama dilakukan sampai pengenceran ketujuh.
6. Suspensi pada pengenceran 10^{-7} 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 diatas 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 *Listeria monocytogenes* kemudian dihitung dan diberi tanda dengan spidol untuk menghindari perhitungan ulang.

3.7.9 Pengujian Kadar pH

1. Disiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Sari buah apel yang telah dipapari sinar UV-C 0 mW/cm², 50 mW/cm², 75 mW/cm², 100 mW/cm² dan 125 mW/cm² dengan lama pemaparan 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit, dimasukkan ke dalam beaker glass.
3. Kadar pH diukur dengan memasukkan pH meter ke dalam beaker glass berisi sampel.

3.7.10 Penilaian Organoleptik (Warna, Rasa, dan Aroma)

1. Disiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Sari buah apel yang telah dipapari sinar UV-C 0 mW/cm², 50 mW/cm², 75 mW/cm², 100 mW/cm² dan 125 mW/cm² dengan lama pemaparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit menjadi sampel uji.
3. Analisis warna dilakukan dengan pengambilan gambar dari setiap uji dengan menggunakan kamera.
4. Analisis rasa dilakukan dengan meminum sampel uji.
5. Analisis aroma dilakukan dengan mencium aroma sampel uji menggunakan indera pencium (hidung).

3.7.11 Pengujian Kadar Vitamin C

1. Disiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Sari buah apel yang telah dipapari sinar UV-C 0 mW/cm², 50 mW/cm², 75 mW/cm², 100 mW/cm² dan 125 mW/cm² dengan lama pemaparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit ditimbang sebanyak 1 gram.

3. Sari buah 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 ($\lambda = 265 \text{ nm}$).

3.8 Teknik Pengumpulan Data

3.8.1 Jumlah Bakteri *Listeria monocytogenes*

Data yang telah diperoleh berupa hasil perhitungan bakteri *Listeria monocytogenes* setelah diberikan paparan sinar UV-C 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 ²)	Waktu(Menit)	1	2	3	
Kontrol	-				
0	15				
	30				
	45				
	60				
50	15				
	30				
	45				
	60				
75	15				
	30				
	45				
	60				
100	15				
	30				

	45				
	60				
125	15				
	30				
	45				
	60				

3.8.2 Kadar pH

Data yang diperoleh berupa hasil pengujian pH meter dengan sampel bakteri yang tumbuh pada sari buah apel setelah dipapari sinar UV-C dengan variasi intensitas dan variasi waktu kemudian diolah dan dicatat pada tabel 3.2

Tabel 3. 2 Pengolahan Data Kadar pH

Perlakuan		pH			Rata-rata
Intensitas(mW/cm ²)	Waktu(Menit)	1	2	3	
Kontrol	-				
0	15				
	30				
	45				
	60				
50	15				
	30				
	45				
	60				
75	15				
	30				
	45				
	60				
100	15				
	30				
	45				
	60				
125	15				
	30				
	45				
	60				

3.8.3 Penilaian Organoleptik (Warna, Rasa, dan Aroma)

Data yang diperoleh berupa hasil penilaian oleh peneliti dengan sampel bakteri yang tumbuh pada sari buah apel setelah dipapari sinar UV-C dengan

variasi intensitas dan variasi waktu kemudian diolah dan dicatat pada tabel berikut.

Tabel 3. 3 Pengolahan Data Warna

Perlakuan		Warna		
Intensitas(mW/cm^2)	Waktu(Menit)	1	2	3
Kontrol	-			
0	15			
	30			
	45			
	60			
50	15			
	30			
	45			
	60			
75	15			
	30			
	45			
	60			
100	15			
	30			
	45			
	60			
125	15			
	30			
	45			
	60			

Tabel 3. 4 Pengolahan Data Rasa

Perlakuan		Rasa			Rata-rata
Intensitas(mW/cm^2)	Waktu(Menit)	1	2	3	
Kontrol	-				
0	15				
	30				
	45				
	60				
50	15				
	30				
	45				
	60				
75	15				
	30				
	45				
	60				
100	15				
	30				

	45				
	60				
125	15				
	30				
	45				
	60				

Sangat suka: 7-9

Suka: 4-6

Tidak suka: 1-3

Tabel 3. 5 Pengolahan Data Aroma

Perlakuan		Aroma			Rata-rata
Intensitas(mW/cm ²)	Waktu(Menit)	1	2	3	
Kontrol	-				
0	15				
	30				
	45				
	60				
50	15				
	30				
	45				
	60				
75	15				
	30				
	45				
	60				
100	15				
	30				
	45				
	60				
125	15				
	30				
	45				
	60				

Sangat suka: 7-9

Suka: 4-6

Tidak suka: 1-3

3.8.4 Penilaian Uji Kadar Vitamin C

Data yang diperoleh berupa hasil pengujian kadar vitamin c dengan sampel bakteri yang tumbuh pada sari buah apel setelah dipapari sinar UV-C dengan variasi intensitas dan variasi waktu kemudian diolah dan dicatat pada tabel 3.6

Tabel 3.6 Pengolahan data kadar vitamin C

Perlakuan		Kadar Vitamin C (mg/ml)			Rata-rata
Intensitas(mW/cm ²)	Waktu(Menit)	1	2	3	
Kontrol	-				
0	15				
	30				
	45				
	60				
50	15				
	30				
	45				
	60				
75	15				
	30				
	45				
	60				
100	15				
	30				
	45				
	60				
125	15				
	30				
	45				
	60				

3.9 Teknik Analisis Data

Teknik analisa data yang digunakan dari penelitian ini adalah dengan membandingkan antara bakteri *Listeria monocytogenes* kontrol dan bakteri yang dipapari Sinar UV-C dengan variasi intensitas dan lama paparan. Pengolahan data pertumbuhan bakteri, pH, dan kadar vitamin C dianalisis menggunakan analisis data statistik menggunakan SPSS dengan Uji Faktorial, sedangkan untuk data organoleptik dianalisis menggunakan statistik non parametrik, yaitu dengan Uji Kruskal Wallis dengan bantuan SPSS. Analisis yang sama dilakukan pada setiap data pada sari buah apel yang dipapari Sinar UV-C dengan variasi intensitas dan lama paparan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh intensitas dan lama paparan sinar UV-C terhadap pertumbuhan bakteri *Listeria Monocytogenes*, pH, Vitamin C dan Organoleptik pada sari buah apel.

Penelitian mengenai pengaruh paparan sinar ultraviolet-C terhadap pertumbuhan bakteri *Listeria monocytogenes*, pH, kadar vitamin C, dan organoleptik pada sari buah apel memiliki beberapa tahapan. Tahapan yang pertama adalah pembuatan sampel. Sampel yang digunakan berupa sari buah apel manalagi yang telah di sterilisasi agar terhindar dari kontaminasi bakteri lain sebelum ditumbuhi bakteri *Listeria monocytogenes*. Sterilisasi juga dilakukan terhadap alat-alat laboratorium yang tahan panas. Alat yang tidak tahan panas disterilisasi menggunakan alkohol 70%. Tahapan yang kedua yaitu pembuatan media NA (*Nutrien Agar*) dan NB (*Nutrien Broth*). Kedua media ini juga disterilisasi terlebih dahulu. Tahapan yang ketiga adalah penumbuhan bakteri *Listeria monocytogenes*, bakteri tersebut dibuat dari isolat bakteri murni yang diperoleh dari Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya yang kemudian dibiakkan ke media NA yang disimpan dalam inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam. Bakteri dalam media NA dibiakkan dalam media NB dan disimpan dalam inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam. Tahapan keempat yaitu penumbuhan bakteri *Listeria monocytogenes* pada sampel yang kemudian dibiakkan dengan cara diinkubasi dalam inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam. Tahapan yang ke lima adalah pemaparan sinar UV-C terhadap sampel menggunakan lampu UV dengan daya sebesar 8 Watt dan

spekulasi panjang gelombang sebesar 265 nm. Bakteri yang tumbuh pada sari buah apel diberi paparan sinar UV-C 0 mW/cm², 50 mW/cm², 75 mW/cm², 100 mW/cm² dan 125 mW/cm² dengan lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit. Perlakuan untuk paparan sinar UV-C diulangi sebanyak 3 kali pada sampel yang berbeda dengan variasi intensitas dan waktu yang sama. Tahapan keenam adalah pembuatan media PCA (*Plate Count Agar*) sebagai media untuk mempermudah perhitungan koloni bakteri. Tahapan ketujuh adalah perhitungan koloni bakteri dengan melakukan suspensi terlebih dahulu. Suspensi dilakukan sampai 7 kali. Suspensi pada pengenceran ke-7 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. Media PCA dalam cawan petri kemudian dimasukkan ke dalam inkubator dengan posisi terbalik (bagian tutup berada di bawah) setelah media tersebut menjadi padat. Media PCA diinkubasi pada temperatur 37°C selama 24 jam. Koloni dari bakteri *Listeria monocytogenes* kemudian dihitung menggunakan *colony counter*. Tahapan kedelapan adalah pengujian kadar pH. Kadar pH diukur dengan memasukkan pH meter ke dalam beaker glass berisi sampel. Tahapan kesembilan adalah penilaian organoleptik (warna, rasa, dan aroma). Analisis warna dilakukan dengan pengambilan gambar dari setiap uji dengan menggunakan kamera. Analisis rasa dilakukan dengan meminum sampel uji. Analisis aroma dilakukan dengan mencium aroma sampel uji menggunakan indera pencium (hidung). Tahapan terakhir yaitu pengujian kadar vitamin C. Pengukuran absorbansi dilakukan dengan alat spektrofotometri UV-Vis menggunakan $\lambda = 265 \text{ nm}$.

4.2 Data Hasil Penelitian

4.2.1 Pengaruh Intensitas dan Lama Paparan Sinar Sinar UV-C Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Listeria Monocytogenes* pada Sari Buah Apel

Penumbuhan bakteri *Listeria monocytogenes* dilakukan ketika sampel sudah disterilisasi. Setelah ditumbuhi bakteri, sampel diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Sari buah apel yang telah ditumbuhi bakteri *Listeria monocytogenes* diberikan paparan sinar Ultraviolet-C dengan variasi intensitas 0 mW/cm², 50 mW/cm², 75 mW/cm², 100 mW/cm² dan 125 mW/cm² dengan lama pemaparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit. Data jumlah koloni bakteri *Listeria monocytogenes* yang dihasilkan diperoleh dari persamaan:

$$\sum \text{sel/ml} = \sum \text{koloni} \times \frac{1}{10^{-\pi}} \text{CFU/ml}$$

Sementara untuk mengetahui presentase penurunan jumlah koloni bakteri *Listeria monocytogenes* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\text{Presentase penurunan koloni bakteri} = \frac{N_0 - N}{N_0} \times 100\%$$

Dimana:

N_0 = Jumlah rata-rata koloni bakteri sebelum dipapari sinar Ultraviolet-C

N = Jumlah rata-rata koloni bakteri setelah dipapari sinar Ultraviolet-C

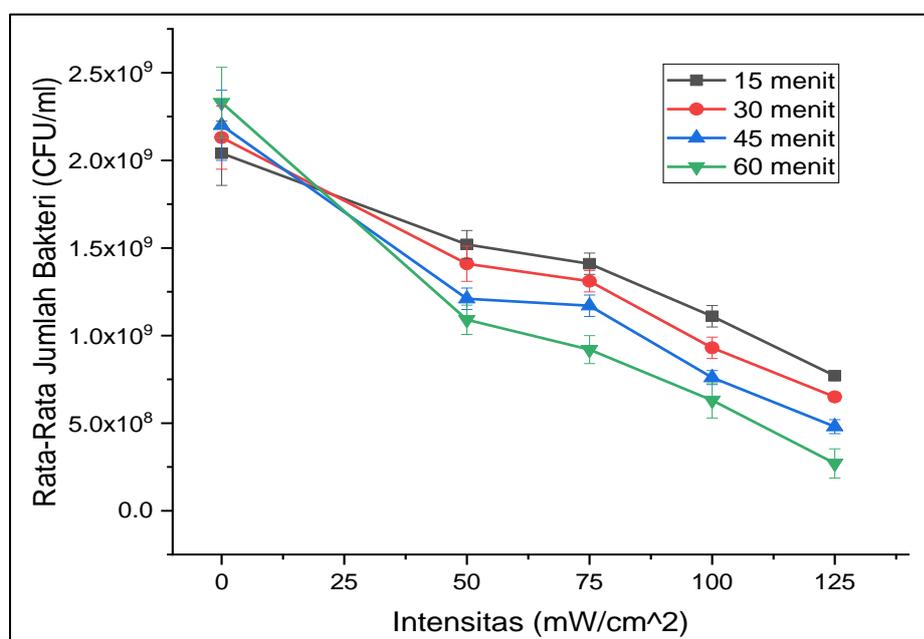
Berdasarkan rumus diatas, maka diperoleh data koloni bakteri *Listeria monocytogenes* seperti tabel 4.1

Tabel 4. 1 Data Hasil Paparan Sinar UV-C Terhadap Pertumbuhan Bakteri
Listeria monocytogenes

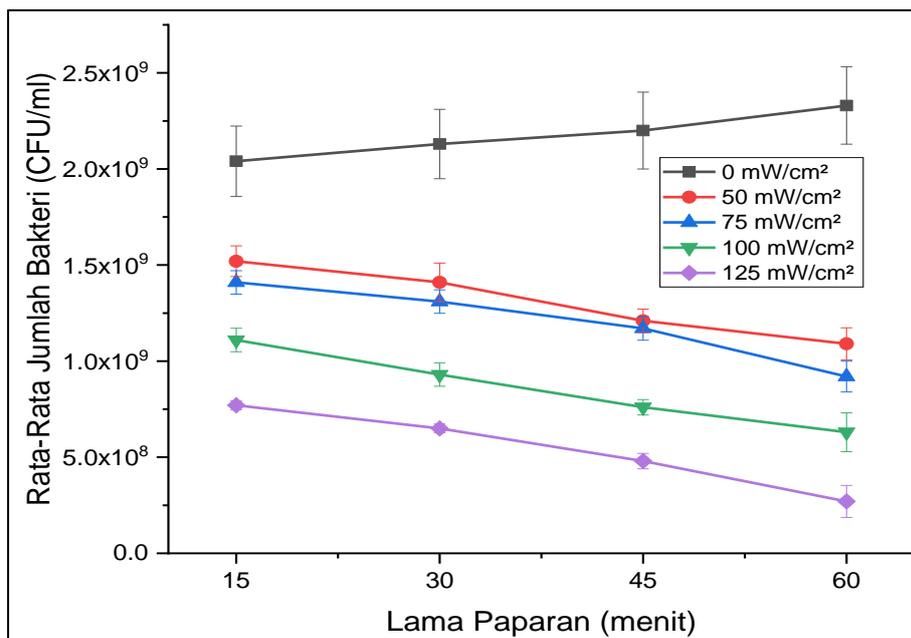
Perlakuan		Jumlah bakteri yang masih aktif (CFU/ml)			Rata-rata (CFU/ml)	Persentase (%)
Intensitas (mW/cm ²)	Waktu (menit)	1	2	3		
Kontrol	0	172x10 ⁷	188x10 ⁷	220x10 ⁷	(193± 24,4)10 ⁷	-0,17
0	15	224x10 ⁷	200x10 ⁷	188x10 ⁷	(204± 18,3)10 ⁷	-5,70
	30	232x10 ⁷	212x10 ⁷	196x10 ⁷	(213± 18,0)10 ⁷	-10,54
	45	240x10 ⁷	220x10 ⁷	200x10 ⁷	(220± 20,0)10 ⁷	-13,99
	60	252x10 ⁷	236x10 ⁷	212x10 ⁷	(233± 20,1)10 ⁷	-20,90
50	15	160x10 ⁷	152x10 ⁷	144x10 ⁷	(152± 8,0)10 ⁷	21,24
	30	152x10 ⁷	140x10 ⁷	132x10 ⁷	(141± 10,1)10 ⁷	26,77
	45	128x10 ⁷	116x10 ⁷	120x10 ⁷	(121± 6,1)10 ⁷	37,13
	60	112x10 ⁷	116x10 ⁷	100x10 ⁷	(109± 8,3)10 ⁷	43,35
75	15	148x10 ⁷	140x10 ⁷	136x10 ⁷	(141± 6,1)10 ⁷	26,77
	30	132x10 ⁷	136x10 ⁷	124x10 ⁷	(131± 6,1)10 ⁷	32,30
	45	124x10 ⁷	116x10 ⁷	112x10 ⁷	(117± 6,1)10 ⁷	39,21
	60	100x10 ⁷	92x10 ⁷	84x10 ⁷	(92± 8,0)10 ⁷	52,33
100	15	116x10 ⁷	112x10 ⁷	104x10 ⁷	(111± 6,1)10 ⁷	42,66
	30	100x10 ⁷	92x10 ⁷	88x10 ⁷	(93± 6,1)10 ⁷	51,64
	45	80x10 ⁷	76x10 ⁷	72x10 ⁷	(76± 4,0)10 ⁷	60,62
	60	72x10 ⁷	64x10 ⁷	52x10 ⁷	(63± 10,1) 10 ⁷	67,53
125	15	76x10 ⁷	80x10 ⁷	76x10 ⁷	(77± 2,3)10 ⁷	59,93
	30	68x10 ⁷	64x10 ⁷	64x10 ⁷	(65± 2,3)10 ⁷	66,15
	45	52x10 ⁷	44x10 ⁷	48x10 ⁷	(48± 4,0)10 ⁷	75,13
	60	36x10 ⁷	24x10 ⁷	20x10 ⁷	(27± 8,3)10 ⁷	86,18

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa paparan sinar UV-C dapat mengurangi jumlah bakteri *Listeria monocytogenes*. Jumlah rata-rata koloni bakteri sebelum dipapari sinar UV-C sebesar $(193 \pm 24,4)10^7$ CFU/ml. Sedangkan pada perlakuan intensitas 0 mW/cm² selama 15-60 menit jumlah koloni bakteri yang masih aktif menurun dari $(204 \pm 18,3)10^7$ CFU/ml menjadi $(233 \pm 20,1)10^7$ CFU/ml karena pada kondisi tersebut jumlah koloni bakteri semakin meningkat. Ketika intensitas dinaikkan menjadi 50 mW/cm² selama 15 menit jumlah koloni bakteri yang masih aktif adalah $(152 \pm 8,0)10^7$ CFU/ml dan pada waktu 60 menit jumlah koloni bakteri

yang masih aktif adalah $(109 \pm 8,3)10^7$ CFU/ml. Pada intensitas 75 mW/cm^2 selama 15 menit jumlah koloni bakteri yang masih aktif adalah $(141 \pm 6,1)10^7$ CFU/ml dan pada waktu 60 menit jumlah koloni bakteri yang masih aktif menurun menjadi $(92 \pm 8,0)10^7$ CFU/ml. Jika intensitas sinar UV-C dinaikkan menjadi 100 mW/cm^2 selama 15 menit jumlah koloni bakteri yang masih aktif adalah $(111 \pm 6,1)10^7$ CFU/ml dan pada waktu 60 menit jumlah koloni bakteri yang masih aktif menurun menjadi $(63 \pm 10,1)10^7$ CFU/ml. Ketika intensitas dinaikkan hingga 125 mW/cm^2 selama 15 menit jumlah koloni bakteri yang masih aktif adalah $(77 \pm 2,3)10^7$ CFU/ml dan pada waktu 60 menit jumlah koloni bakteri yang masih aktif menurun menjadi $(27 \pm 8,3)10^7$ CFU/ml. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas sinar UV-C yang diberikan dan semakin lama waktu pemaparan maka jumlah koloni bakteri yang masih aktif semakin menurun. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.1



(a)



(b)

Gambar 4.1 (a) Grafik pengaruh intensitas terhadap penurunan jumlah koloni bakteri *Listeria monocytogenes* pada sari buah apel, (b) Grafik pengaruh lama pemaparan terhadap penurunan jumlah koloni bakteri *Listeria monocytogenes* pada sari buah apel

Gambar 4.1 (a) menunjukkan bahwa pada lama pemaparan 15 menit dengan intensitas 0-50 mW/cm² grafik menurun secara signifikan, menunjukkan bahwa jumlah koloni bakteri yang masih aktif menurun menjadi $(204 \pm 18,3)10^7$ CFU/ml. Pada lama pemaparan 15-60 menit dengan intensitas 50-100 mW/cm² grafik menurun perlahan dan kurang signifikan. Sedangkan pada lama pemaparan 15-60 menit dengan intensitas 100-125 mW/cm² jumlah koloni bakteri yang masih aktif menurun lebih signifikan. Gambar 4.1 (b) menunjukkan bahwa pemaparan sinar UV-C dengan intensitas 0 mW/cm² dan lama pemaparan hingga 60 menit jumlah koloni bakteri *Listeria monocytogenes* semakin menurun. Sedangkan pada intensitas 50-125 mW/cm² dengan lama pemaparan 15-60 menit jumlah koloni bakteri yang masih aktif menurun kurang signifikan.

Berdasarkan data penurunan jumlah koloni bakteri *Listeria Monocytogenes* setelah dipapari sinar UV-C pada tabel 4.1 dan juga grafik 4.1 dilakukan uji faktorial untuk membandingkan rata-rata pengaruh intensitas dan lama paparan terhadap penurunan jumlah koloni bakteri *Listeria Monocytogenes* agar mengetahui perbedaan signifikan dari dua atau lebih kelompok data yang terdapat pada tabel berikut:

Tabel 4. 2 Hasil Uji Faktorial Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Listeria Monocytogenes*

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	1089536.000 ^a	20	54476.800	486.400	.000
Intensitas	181604.267	4	45401.067	405.367	.000
Lama_Paparan	8846.933	3	2948.978	26.330	.000
Intensitas * Lama_Paparan	7995.733	12	666.311	5.949	.000
Error	4480.000	40	112.000		
Total	1094016.000	60			

Berdasarkan analisis data statistik menggunakan SPSS dengan uji faktorial menunjukkan bahwa faktor intensitas maupun lama paparan memiliki pengaruh nyata terhadap pertumbuhan bakteri *Listeria monocytogenes* dengan nilai signifikansi 0,00. Kombinasi antara kedua faktor yaitu intensitas dan lama pemaparan juga memiliki pengaruh nyata dengan signifikansi sebesar 0,00. Selanjutnya dilakukan uji DMRT untuk membandingkan rata-rata dari masing-masing kelompok data. Berikut merupakan hasil uji DMRT untuk dapat mengetahui pengaruh intensitas dan lama paparan yang paling berpengaruh.

Tabel 4. 3 Hasil Uji DMRT Intensitas Sinar UV-C Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Listeria Monocytogenes*

Intensitas (mW/cm ²)	Jumlah Bakteri (CFU/ml)	Notasi Huruf
125	54,33x10 ⁷	a
100	85,67x10 ⁷	b
75	120,67x10 ⁷	c

50	131,00x10 ⁷	d
0	217,67x10 ⁷	e

Keterangan: Intensitas yang memiliki notasi huruf berbeda mempunyai perbedaan nyata

Tabel 4. 4 Hasil Uji DMRT Lama Paparan Sinar UV-C Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Listeria Monocytogenes*

Lama Paparan (menit)	Jumlah Bakteri (CFU/ml)	Notasi Huruf
60	105,07x10 ⁷	a
45	116,53x10 ⁷	b
30	128,80x10 ⁷	c
15	137,07x10 ⁷	d

Keterangan: Lama paparan yang memiliki notasi huruf berbeda mempunyai perbedaan nyata

Tabel 4. 5 Hasil Uji DMRT Intensitas dan Lama Paparan Sinar UV-C Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Listeria Monocytogenes*

Perlakuan		Jumlah Bakteri (CFU/ml)	Notasi Huruf
Intensitas (mW/cm ²)	Lama Paparan (menit)		
125	60	26,67x10 ⁷	a
125	45	48,00x10 ⁷	b
100	60	62,67x10 ⁷	bc
125	30	65,33x10 ⁷	bc
100	45	76,00x10 ⁷	cd
125	15	77,33x10 ⁷	cd
75	60	93,33x10 ⁷	de
100	30	93,33x10 ⁷	de
50	60	109,33x10 ⁷	ef
100	15	110,67x10 ⁷	ef
75	45	117,33x10 ⁷	fg
50	45	121,33x10 ⁷	fg
75	30	130,67x10 ⁷	gh
50	30	141,33x10 ⁷	hi
75	15	141,33x10 ⁷	hi
50	15	152,00x10 ⁷	i
0	15	204,00x10 ⁷	j
0	30	213,33x10 ⁷	j
0	45	220,00x10 ⁷	jk
0	60	233,33x10 ⁷	k

Keterangan: Intensitas dan lama paparan yang memiliki notasi huruf berbeda mempunyai perbedaan nyata

Berdasarkan tabel 4.5 paparan sinar UV-C dengan intensitas 0 mW/cm² dan lama paparan 60 menit tidak berbeda nyata dengan perlakuan intensitas 0 mW/cm² dan lama paparan 45 menit yang dinotasikan dengan huruf k. Semakin besar notasi menunjukkan jumlah koloni bakteri yang semakin besar pula. Oleh karena itu, pada perlakuan 125 mW/cm² dan lama paparan 60 menit menghasilkan jumlah koloni yang paling rendah yang dinotasikan dengan huruf a. Hal ini disebabkan oleh sinar UV-C yang dipancarkan dapat menghasilkan reaksi fotokimia di dalam membran sel bakteri dan menyebabkan sel bakteri mati dengan terjadinya absorpsi oleh elektron-elektron pada molekul atom sel bakteri, setelah itu molekul atau atom tersebut akan tereksitasi (Astuti et al., 2011).

4.2.2 Pengaruh Intensitas dan Lama Paparan Sinar UV-C Terhadap pH pada Sari Buah Apel

Pengukuran kadar pH dilakukan dengan menggunakan pH meter pada setiap pengambilan data dengan variasi intensitas 0 mW/cm², 50 mW/cm², 75 mW/cm², 100 mW/cm² dan 125 mW/cm² dengan lama pemaparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit. Adapun data kadar pH sari buah apel setelah dipapari sinar UV-C dengan variasi intensitas dan lama paparan ditunjukkan pada tabel 4.6

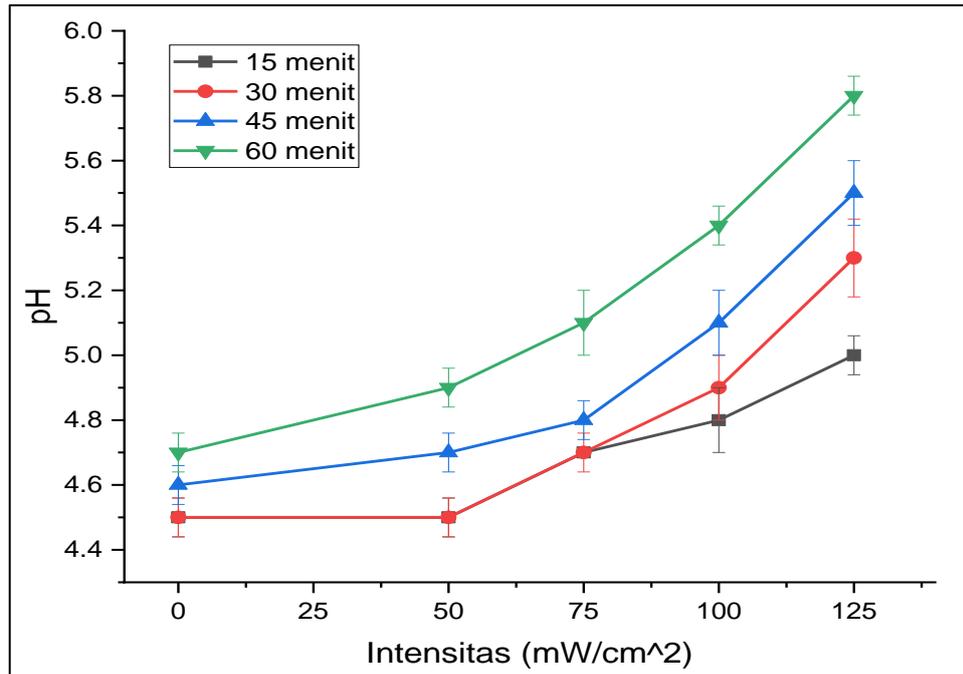
Tabel 4. 6 Data Kadar pH Sari Buah Apel Setelah Dipapari Sinar UV-C

Perlakuan		pH			Rata-rata pH
Intensitas (mW/cm ²)	Waktu (menit)	1	2	3	
Kontrol	0	4,5	4,4	4,6	4,5±0,10
0	15	4,5	4,6	4,5	4,5±0,06
	30	4,6	4,5	4,5	4,5±0,06
	45	4,6	4,7	4,6	4,6±0,06
	60	4,6	4,7	4,7	4,7±0,06

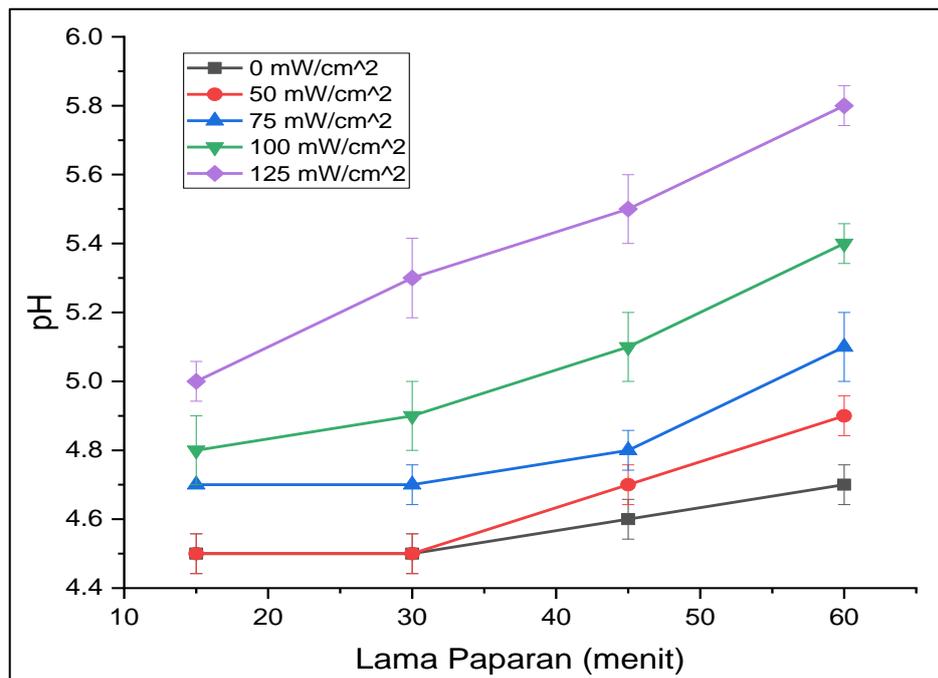
50	15	4,5	4,6	4,5	4,5±0,06
	30	4,6	4,5	4,5	4,5±0,06
	45	4,7	4,6	4,7	4,7±0,06
	60	4,8	4,9	4,9	4,9±0,06
75	15	4,7	4,7	4,7	4,7±0,00
	30	4,6	4,7	4,7	4,7±0,06
	45	4,7	4,8	4,8	4,8±0,06
	60	5	5,1	5,2	5,1±0,10
100	15	4,7	4,9	4,8	4,8±0,10
	30	4,8	4,9	5	4,9±0,10
	45	5	5,2	5,1	5,1±0,10
	60	5,3	5,4	5,4	5,4±0,06
125	15	5	5	4,9	5±0,6
	30	5,2	5,4	5,4	5,3±0,12
	45	5,5	5,4	5,6	5,5±0,10
	60	5,7	5,8	5,8	5,8±0,06

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa paparan sinar UV-C berpengaruh terhadap pH sari buah apel. Nilai kadar pH pada sampel kontrol adalah 4,5 yang termasuk dalam sifat asam dan pada keadaan tanpa paparan dengan lama paparan 60 menit dihasilkan peningkatan kadar pH hingga 4,7. Setelah diberikan paparan sinar UV-C pada intensitas 50 mW/cm² dengan lama paparan semakin meningkat menunjukkan nilai kadar pH yang semakin meningkat. Nilai kadar pH paling tinggi dihasilkan pada intensitas 125 mW/cm² dan lama paparan 60 menit yaitu 5,8. Dalam hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas dan lama paparan maka kadar pH sari buah apel semakin meningkat.

Analisis data yang diperoleh menunjukkan hubungan antara intensitas dan lama paparan sinar UV-C terhadap kadar pH sari buah apel. Hal ini ditunjukkan pada gambar 4.2



(a)



(b)

Gambar 4. 2 (a) Grafik pengaruh intensitas terhadap pH sari buah apel,
 (b) Grafik pengaruh lama pemaparan terhadap pH sari buah apel

Gambar 4.2 (a) membuktikan bahwa pada intensitas 0-125 mW/cm^2 dan lama pemaparan 15-60 menit menghasilkan kenaikan pH yang kurang signifikan

yaitu 4,5-5,8. Hal ini dikarenakan intensitas rendah dan lama paparan yang singkat kurang mampu meningkatkan kadar pH sari buah apel secara signifikan. Sedangkan pada gambar (b) menunjukkan bahwa pada lama paparan 15-60 menit dan intensitas 0-125 mW/cm² menghasilkan kenaikan pH yang lebih signifikan.

Berdasarkan data kadar pH sari buah apel setelah dipapari sinar UV-C pada tabel 4.6 dan juga grafik 4.2 dilakukan uji faktorial untuk membandingkan rata-rata pengaruh intensitas dan lama paparan terhadap nilai kadar pH agar mengetahui perbedaan signifikan dari dua atau lebih kelompok data yang terdapat pada tabel berikut:

Tabel 4. 7 Hasil Uji Faktorial Terhadap Nilai Kadar pH

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	1439.780 ^a	20	71.989	11998.167	.000
Intensitas	5.084	4	1.271	211.847	.000
Lama_Paparan	1.324	3	.441	73.556	.000
Intensitas * Lama_Paparan	.601	12	.050	8.347	.000
Error	.240	40	.006		
Total	1440.020	60			

Berdasarkan analisis data statistik menggunakan SPSS dengan uji faktorial menunjukkan bahwa faktor intensitas maupun lama paparan memiliki pengaruh nyata terhadap pH sari buah apel dengan nilai signifikansi 0,00. Kombinasi antara kedua faktor yaitu intensitas dan lama paparan juga memiliki pengaruh nyata dengan signifikansi sebesar 0,00. Selanjutnya dilakukan uji DMRT untuk membandingkan rata-rata dari masing-masing kelompok data. Berikut merupakan hasil uji DMRT untuk dapat mengetahui pengaruh intensitas dan lama paparan yang paling berpengaruh.

Tabel 4. 8 Hasil Uji DMRT Intensitas Sinar UV-C Terhadap Kadar pH

Intensitas (mW/cm ²)	Kadar pH	Notasi Huruf
0	4,583	a
50	4,625	a
75	4,808	b
100	5,050	c
125	5,367	d

Keterangan: Intensitas yang memiliki notasi huruf berbeda mempunyai perbedaan nyata

Tabel 4. 9 Hasil Uji DMRT Lama Paparan Sinar UV-C Terhadap Kadar pH

Lama Paparan (menit)	Kadar pH	Notasi Huruf
15	4,707	a
30	4,800	b
45	4,940	c
60	5,100	d

Keterangan: Lama paparan yang memiliki notasi huruf berbeda mempunyai perbedaan nyata

Tabel 4. 10 Hasil Uji DMRT Intensitas dan Lama Paparan Sinar UV-C Terhadap Kadar pH

Perlakuan		Kadar pH	Notasi Huruf
Intensitas (mW/cm ²)	Lama Paparan (menit)		
0	15	4,533	a
0	30	4,533	a
50	15	4,533	a
50	30	4,567	a
0	45	4,633	ab
0	60	4,633	ab
50	45	4,667	ab
75	15	4,667	ab
75	30	4,667	ab
50	60	4,733	bc
75	45	4,800	cd
100	30	4,900	d
100	15	4,900	d
125	15	4,900	d
100	45	5,100	e
75	60	5,100	e
100	60	5,300	f
125	30	5,333	f
125	45	5,500	g
125	60	5,733	h

Keterangan: Intensitas dan lama paparan yang memiliki notasi huruf berbeda mempunyai perbedaan nyata

Berdasarkan tabel 4.10 menunjukkan bahwa perlakuan intensitas 125 mW/cm² dan lama paparan 60 menit dengan perlakuan intensitas 125 mW/cm² dan lama paparan 45 menit berbeda nyata terhadap nilai kadar pH. Semakin besar notasi maka nilai kadar pH akan semakin meningkat. Pemaparan dengan intensitas 125 mW/cm² dan lama paparan 60 menit menghasilkan nilai pH paling tinggi, hal ini dikarenakan pemaparan pada sari buah mengakibatkan mikroba tidak dapat meningkatkan produksi asam, sehingga dapat menurunkan nilai total asam dan meningkatkan kadar pH, dan semakin lama pemaparan maka semakin banyak komponen buah yang terekstrak.

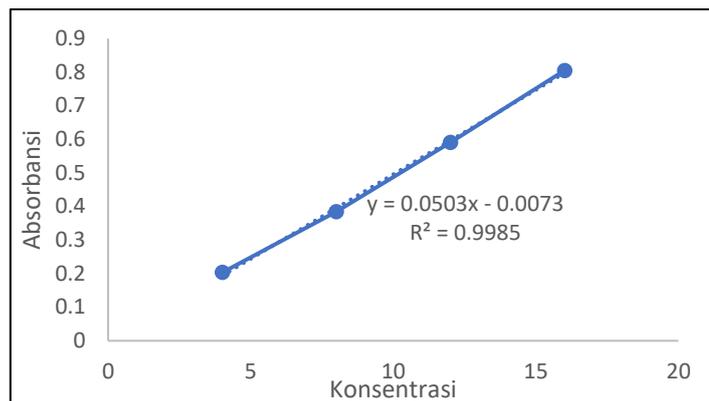
4.2.3 Pengaruh Intensitas dan Lama Paparan Sinar UV-C Terhadap Kadar Vitamin-C pada Sari Buah Apel

Pengukuran kadar vitamin C sari buah apel dilakukan menggunakan spektrofotometri UV-Vis dengan $\lambda = 265 \text{ nm}$. Pengukuran larutan standar menggunakan konsentrasi 4 ppm, 8 ppm, 12 ppm dan 16 ppm sebagaimana pada tabel berikut.

Tabel 4. 11 Data Absorbansi Vitamin C

Konsentrasi	Absorbansi
4	0,2031
8	0,3837
12	0,5909
16	0,8046

Berdasarkan tabel 4.11 diperoleh grafik kurva standar pengukuran vitamin-C dengan persamaan $y = 0.0503x - 0.0073$ dengan nilai regresi linier yaitu $R^2 = 0.9985$, sebagaimana pada grafik berikut.



Gambar 4. 3 Grafik Kurva Standar Penetapan Kadar Vitamin-C

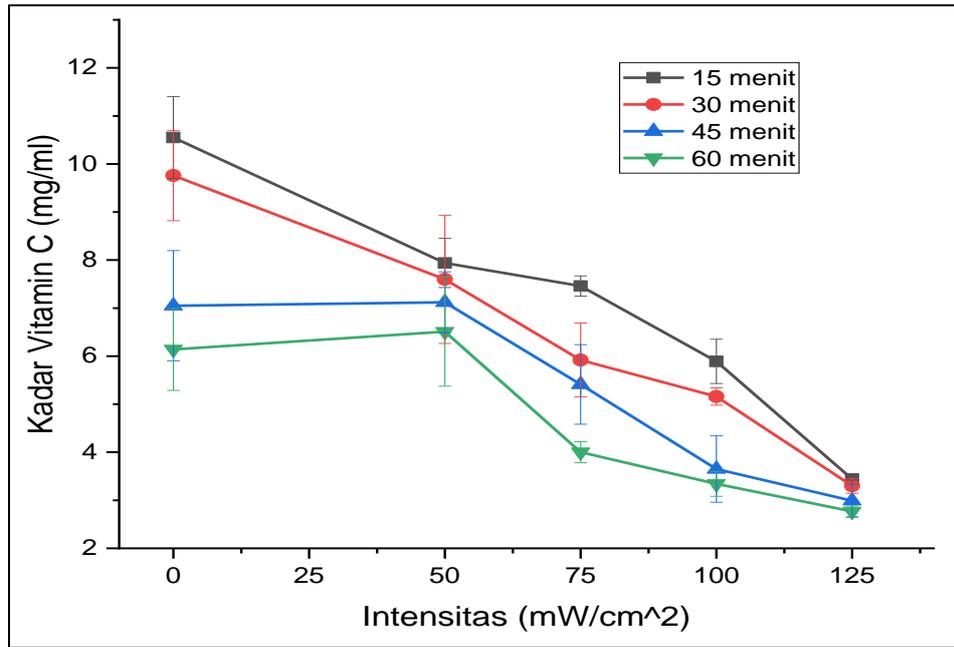
Data hasil penelitian pengaruh paparan sinar UV-C terhadap kadar vitamin

C sari buah apel disajikan pada tabel 4.12

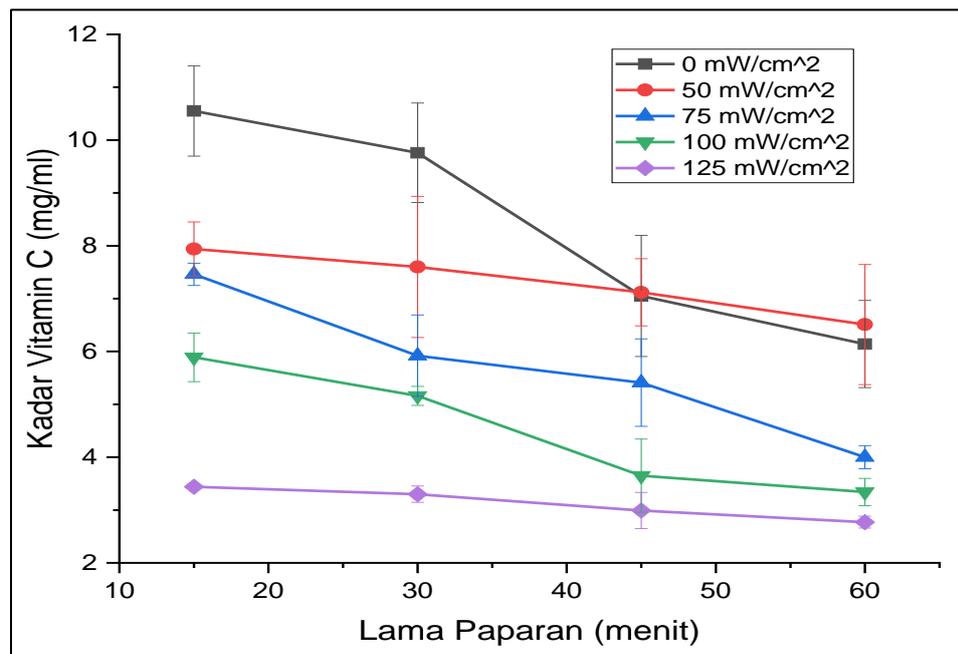
Tabel 4.12 Data Hasil Pengaruh Intensitas dan Lama Pemaparan Sinar UV-C Terhadap Kadar Vitamin-C Sari Buah Apel

Perlakuan		Konsentrasi Kadar Vitamin C Sari Buah Apel (mg/ml)			Rata-rata (mg/ml)
Intensitas (mW/cm ²)	Waktu (menit)	1	2	3	
Kontrol	0	11,94	11,13	11,83	11,633±0,439
0	15	9,58	10,86	11,2	10,547±0,854
	30	10,61	8,75	9,93	9,763±0,941
	45	7,95	5,76	7,44	7,050±1,146
	60	7,08	5,78	5,55	6,137±0,825
50	15	7,75	8,52	7,55	7,940±0,512
	30	8,96	7,55	6,29	7,600±1,336
	45	7,8	7,02	6,54	7,120±0,636
	60	6,09	7,8	5,65	6,513±1,136
75	15	7,61	7,55	7,22	7,460±0,210
	30	5,38	5,57	6,8	5,917±0,771
	45	6,35	5,09	4,79	5,410±0,828
	60	4,25	3,93	3,83	4,003±0,219
100	15	6,4	5,78	5,5	5,893±0,461
	30	5,38	5,05	5,09	5,173±0,180
	45	4,44	3,38	3,14	3,653±0,692
	60	3,62	3,3	3,11	3,343±0,258
125	15	3,45	3,46	3,42	3,443±0,021
	30	3,36	3,41	3,12	3,297±0,155
	45	3,35	2,94	2,67	2,987±0,342
	60	2,9	2,69	2,73	2,773±0,112

Tabel 4.12 merupakan hasil perhitungan penurunan kadar vitamin-C yang dilakukan dengan metode spektrofotometri UV-Vis dengan $\lambda = 265$ nm. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa Intensitas dan lama paparan sinar ultraviolet-C memiliki pengaruh terhadap kadar vitamin C sari buah apel. Sampel kontrol dengan rata-rata 3 kali pengulangan menghasilkan nilai kadar vitamin C sebesar 11,633 mg/ml. Setelah diberikan paparan sinar UV-C pada intensitas 0 mW/cm² dengan lama pemaparan semakin meningkat menunjukkan nilai kadar vitamin C yang semakin menurun, yaitu 10,547 mg/ml, 9,763 mg/ml, 7,050 mg/ml, dan 6,137 mg/ml. Ketika intensitas dinaikkan menjadi 50 mW/cm² dengan lama pemaparan semakin meningkat menunjukkan nilai kadar vitamin C yang semakin menurun yaitu 7,940 mg/ml, 7,600 mg/ml, 7,120 mg/ml, 6,513 mg/ml. Pada intensitas 75 mW/cm² dengan lama pemaparan semakin meningkat menunjukkan nilai kadar vitamin C yang semakin menurun pula yakni 7,460 mg/ml, 5,917mg/ml, 5,410 mg/ml, dan 4,003 mg/ml. Begitu juga dengan intensitas 100 mW/cm² yang menghasilkan kadar vitamin C yang semakin menurun yaitu 5,893 mg/ml, 5,173 mg/ml, 3,653 mg/ml, dan 3,343mg/ml. Nilai kadar vitamin C semakin menurun pada intensitas 125 mW/cm² dan lama paparan yang semakin meningkat, yaitu sebesar 3,443 mg/ml, 3,297 mg/ml, 2,987 mg/ml, dan 2,773 mg/ml. Dalam hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas dan lama paparan maka kadar vitamin C sari buah apel semakin menurun.dapat diperjelas dalam bentuk grafik pada gambar 4.4



(a)



(b)

Gambar 4. 4 (a) Grafik pengaruh intensitas terhadap kadar vitamin C sari buah apel (b) Grafik pengaruh lama paparan terhadap kadar vitamin C sari buah apel

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa intensitas dan lama paparan sinar ultraviolet-C memiliki pengaruh terhadap penurunan kadar vitamin C. Semakin tinggi intensitas yang diberikan dan semakin lama paparan yang digunakan maka

nilai kadar vitamin C akan semakin menurun. Berdasarkan data kadar Vitamin C sari buah apel setelah dipapari sinar UV-C pada tabel 4.11 dan juga grafik 4.4 dilakukan uji faktorial untuk membandingkan rata-rata pengaruh intensitas dan lama paparan terhadap nilai kadar vitamin C agar mengetahui perbedaan signifikan dari dua atau lebih kelompok data yang terdapat pada tabel berikut:

Tabel 4. 13 Hasil Uji Faktorial Terhadap Nilai Vitamin C

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	2307.129 ^a	20	115.356	238.846	.000
Intensitas	212.136	4	53.034	109.807	.000
Lama_Paparan	56.117	3	18.706	38.731	.000
Intensitas * Lama_Paparan	20.012	12	1.668	3.453	.002
Error	19.319	40	.483		
Total	2326.448	60			

Berdasarkan analisis data statistik menggunakan SPSS dengan uji faktorial menunjukkan bahwa faktor intensitas maupun lama paparan memiliki pengaruh nyata terhadap kadar vitamin C dengan nilai signifikansi 0,00. Kombinasi antara kedua faktor yaitu intensitas dan lama pemaparan memiliki pengaruh nyata dengan signifikansi sebesar 0,029. Selanjutnya dilakukan uji DMRT untuk membandingkan rata-rata dari masing-masing kelompok data. Berikut merupakan hasil uji DMRT untuk dapat mengetahui pengaruh intensitas dan lama paparan yang paling berpengaruh.

Tabel 4. 14 Hasil Uji DMRT Intensitas Sinar UV-C Terhadap Vitamin C

Intensitas (mW/cm ²)	Vitamin C (mg/ml)	Notasi Huruf
125	3,1250	a
100	4,5133	b
75	5,6975	c
50	7,2933	d
0	8,3742	e

Keterangan: Intensitas yang memiliki notasi huruf berbeda mempunyai perbedaan nyata

Tabel 4. 15 Hasil Uji DMRT Lama Paparan Sinar UV-C Terhadap Vitamin C

Lama Paparan (menit)	Vitamin C (mg/ml)	Notasi Huruf
60	4,5540	a
45	5,2440	b
30	6,3480	c
15	7,0567	d

Keterangan: Lama paparan yang memiliki notasi huruf berbeda mempunyai perbedaan nyata

Tabel 4. 16 Hasil Uji DMRT Intensitas dan Lama Paparan Sinar UV-C Terhadap Kadar Vitamin C

Perlakuan		Vitamin C (mg/ml)	Notasi Huruf
Intensitas (mW/cm ²)	Lama Paparan (menit)		
125	60	2,7733	a
125	45	2,9867	a
125	30	3,2967	a
100	60	3,3433	a
125	15	3,4433	a
100	45	3,6533	a
75	60	4,0033	a
100	30	5,1633	b
75	45	5,4100	bc
100	15	5,8933	bc
75	30	5,9167	bcd
0	60	6,1367	bcd
50	60	6,5133	cde
0	45	7,0500	def
50	45	7,1200	def
75	15	7,4600	ef
50	30	7,6000	ef
50	15	7,9400	f
0	30	9,7633	g
0	15	10,5467	g

Keterangan: Intensitas dan lama paparan yang memiliki notasi huruf berbeda mempunyai perbedaan nyata

Berdasarkan tabel 4.16 menunjukkan bahwa perlakuan intensitas 125 mW/cm² dan variasi lama paparan 15, 30, 45, dan 60 menit dengan perlakuan intensitas 100 mW/cm² dan lama paparan 45 dan 60 menit tidak memiliki perbedaan nyata. Hal ini dapat diketahui pada notasi huruf dari masing-masing

perlakuan tersebut yang sama yaitu huruf a. Semakin besar notasi huruf maka semakin tinggi nilai kadar vitamin C. Oleh karena itu, nilai kadar vitamin C yang paling rendah terdapat pada intensitas 125 mW/cm^2 dengan lama paparan 60 menit. Penurunan kadar vitamin C dipengaruhi oleh paparan ultraviolet C, dimana larutan vitamin C merupakan vitamin yang sangat sensitif terhadap oksidasi, proses oksidasi ini dapat dipercepat oleh adanya panas dan cahaya. Jika hendak mempertahankan kandungan vitamin C pada sari buah apel maka paparan UV-C dilakukan dalam waktu yang singkat, serta dengan intensitas yang rendah, daya lampu, dan jarak antara lampu ke objek (Mukaromah, 2020).

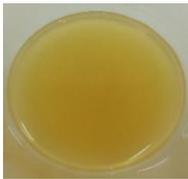
4.2.4 Pengaruh Intensitas dan Lama Paparan Sinar UV-C Terhadap Organoleptik pada Sari Buah Apel

Pengujian organoleptik pada penelitian ini meliputi uji warna, rasa, dan aroma pada sari buah apel yang tidak di sterilkan dan tidak diberi bakteri *Listeria Monocytogenes* dengan menggunakan 3 orang panelis pada pengujian rasa dan aroma yang bertujuan untuk mengurangi kemungkinan data subjektif.

a. Warna

Data organoleptik warna pada sari buah apel dihasilkan dari pengambilan gambar menggunakan kamera digital jenis canon 4D setelah dipapari sinar UV-C dengan variasi intensitas dan lama paparan, sehingga diperoleh data pada tabel 4.17

Tabel 4. 17 Data Warna Sari Buah Apel Setelah Dipapari Sinar UV-C

Perlakuan	Lama Paparan (menit)			
Intensitas (mW/cm ²)	15	30	45	60
0				
50				
75				
100				
125				
Kontrol				

Gambar pada tabel 4.17 menunjukkan bahwa warna pada sari buah apel setelah dipapari sinar UV-C dengan variasi intensitas 0 mW/cm², 50 mW/cm², 75 mW/cm², 100 mW/cm² dan 125 mW/cm² dengan lama pemaparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit mengalami perubahan yang

signifikan. Warna sari buah apel yang mengalami perubahan signifikan dari keadaan kontrol adalah pada intensitas 125 mW/cm^2 dan lama paparan 60 menit.

Data hasil penelitian menunjukkan hubungan antara intensitas dan lama paparan sinar UV-C dengan warna pada sari buah apel, yaitu semakin tinggi intensitas sinar UV-C yang diberikan terhadap sampel dan semakin lama waktu paparannya maka akan menghasilkan warna yang semakin gelap dan kurang menarik. Hal tersebut dikarenakan adanya proses oksidasi oleh enzim polifenol oksidase yang terdapat pada sari buah apel. Pada tabel 4.4 menunjukkan bahwa peningkatan lama paparan lebih berpengaruh terhadap warna sari buah apel dari pada intensitas.

b. Rasa

Pengujian organoleptik rasa dari sari buah apel diperoleh dari penilaian berskala oleh 3 orang panelis dengan menggunakan indera pengecap (lidah) setelah diberikan paparan sinar UV-C dengan variasi intensitas dan lama paparan yang telah ditentukan, sehingga diperoleh data pada tabel 4.17

Tabel 4. 18 Data Rasa Sari Buah Apel Setelah Dipapari Sinar UV-C

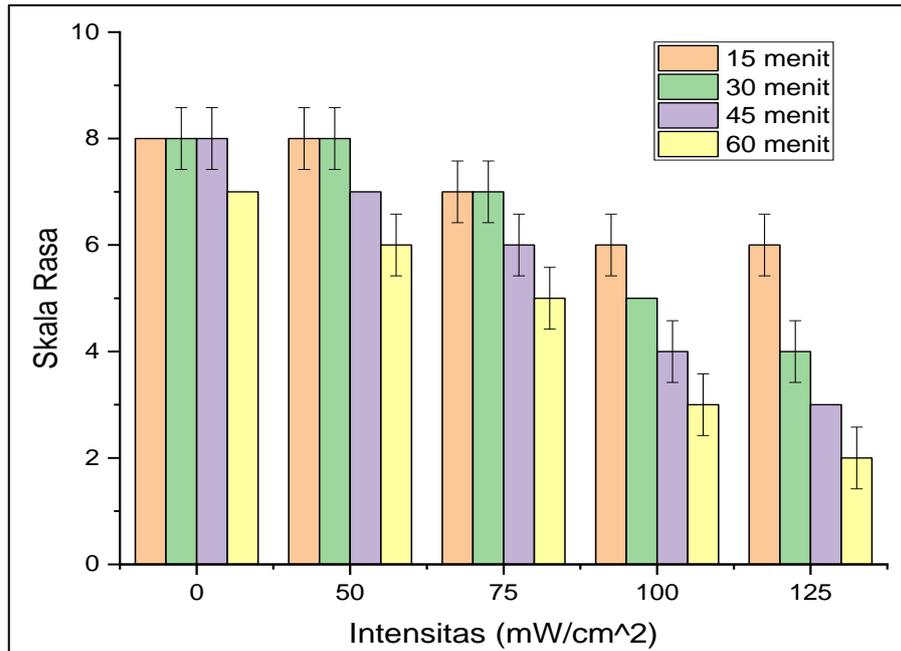
Perlakuan		Rasa			Rata-rata Rasa
Intensitas (mW/cm^2)	Waktu (menit)	1	2	3	
Kontrol	0	8	8	7	$8 \pm 0,58$
0	15	8	8	8	$8 \pm 0,00$
	30	8	7	8	$8 \pm 0,58$
	45	7	8	8	$8 \pm 0,58$
	60	7	7	7	$7 \pm 0,00$
50	15	8	8	7	$8 \pm 0,58$
	30	8	7	8	$8 \pm 0,58$
	45	7	7	7	$7 \pm 0,00$
	60	6	7	6	$6 \pm 0,58$

75	15	6	7	7	$7 \pm 0,58$
	30	7	7	6	$7 \pm 0,58$
	45	6	6	5	$6 \pm 0,58$
	60	4	5	5	$5 \pm 0,58$
100	15	6	6	7	$6 \pm 0,58$
	30	5	5	5	$5 \pm 0,00$
	45	4	4	3	$4 \pm 0,58$
	60	4	3	3	$3 \pm 0,58$
125	15	6	6	5	$6 \pm 0,58$
	30	4	4	5	$4 \pm 0,58$
	45	3	3	3	$3 \pm 0,00$
	60	3	2	2	$2 \pm 0,58$

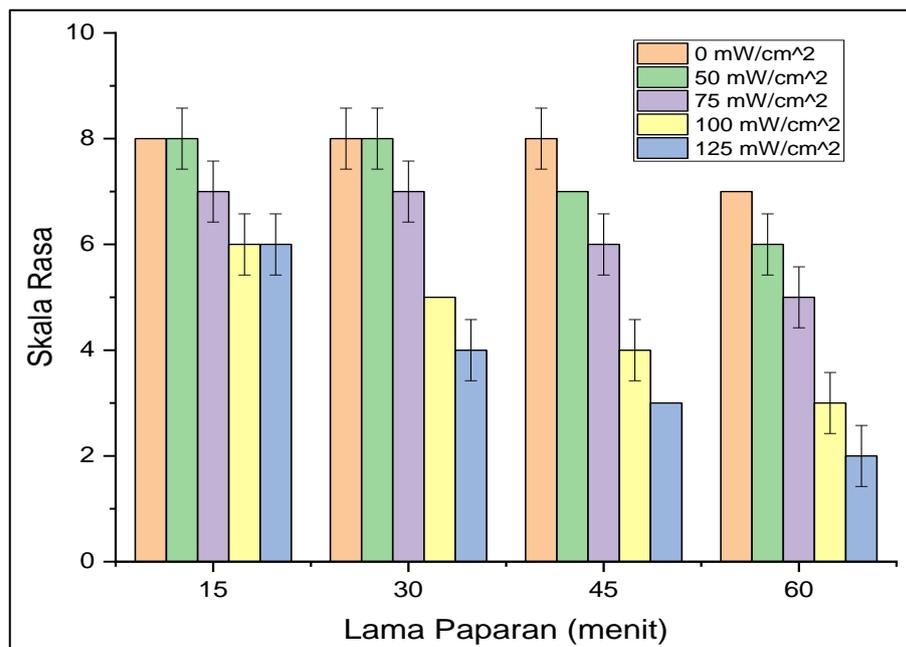
Sangat suka = 7-9 Suka = 4-6 Tidak suka = 1-3

Tabel 4.18 menunjukkan bahwa rasa pada jus apel setelah dipapari sinar UV-C dengan variasi intensitas 0 mW/cm^2 , 50 mW/cm^2 , 75 mW/cm^2 , 100 mW/cm^2 dan 125 mW/cm^2 dengan lama paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit mengalami perubahan yang signifikan. Rasa sari buah apel yang mengalami perubahan paling signifikan dari keadaan kontrol adalah pada intensitas 125 mW/cm^2 dengan lama paparan 60 menit. Hal ini disebabkan karena jika intensitas yang diberikan semakin tinggi dan waktu paparan semakin lama maka menghasilkan rasa sari buah apel yang semakin hambar dan tidak segar.

Berdasarkan data hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara intensitas dan lama paparan sinar UV-C dengan rasa sari buah apel yang ditunjukkan pada gambar 4.5



(a)



(b)

Gambar 4. 5 (a) Diagram pengaruh intensitas terhadap rasa sari buah apel (b) Diagram pengaruh lama paparan terhadap rasa sari buah apel

Gambar 4.5 (a) menunjukkan bahwa pada intensitas 0 - 50 mW/cm² dengan lama pemaparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit menghasilkan skala kesukaan panelis terhadap rasa sari buah apel menurun

secara tidak signifikan yaitu 8-6. Pada intensitas 75 - 125 mW/cm² dan lama pemaparan 15-60 menit menghasilkan skala kesukaan panelis terhadap rasa sari buah apel menurun secara signifikan yaitu 7-2. Sedangkan pada gambar 4.4 (b) menunjukkan bahwa pada lama pemaparan 15-30 menit dan intensitas 0 - 125 mW/cm² menghasilkan skala kesukaan panelis terhadap rasa sari buah apel menurun secara signifikan yaitu 8-4. Pada lama pemaparan 30-60 menit dan intensitas 0 - 125 mW/cm² menghasilkan skala kesukaan panelis terhadap rasa sari buah apel menurun lebih signifikan yaitu 8-2.

Berdasarkan data organoleptik rasa sari buah apel setelah dipapari sinar UV-C pada tabel 4.18 dan juga grafik 4.5 dilakukan uji kurskal-Wallis untuk mengetahui perbedaan signifikan secara statistik adanya pengaruh intensitas dan lama paparan sinar UV-C terhadap rasa seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 19 Hasil Uji Kurskal-Wallis Terhadap Rasa

	Perlakuan
Kruskal-Wallis H	41.641
df	6
Asymp. Sig.	.000

Berdasarkan analisis data statistik menggunakan SPSS dengan uji kurskal wallis menunjukkan bahwa intensitas maupun lama paparan memiliki pengaruh nyata terhadap organoleptik rasa dengan nilai signifikansi 0,00. Hal ini disebabkan oleh perubahan sifat fisiko-kimia sari buah dapat dipengaruhi oleh lama penyimpanan.

c. Aroma

Pengujian organoleptik aroma sari buah apel diperoleh dari penilaian berskala oleh 3 orang panelis dengan menggunakan indera penciuman (hidung)

setelah diberikan paparan sinar UV-C dengan variasi intensitas dan lama pemaparan yang telah ditentukan, sehingga diperoleh data pada tabel 4.19

Tabel 4. 20 Data Aroma Sari Buah Apel Setelah Dipapari Sinar UV-C

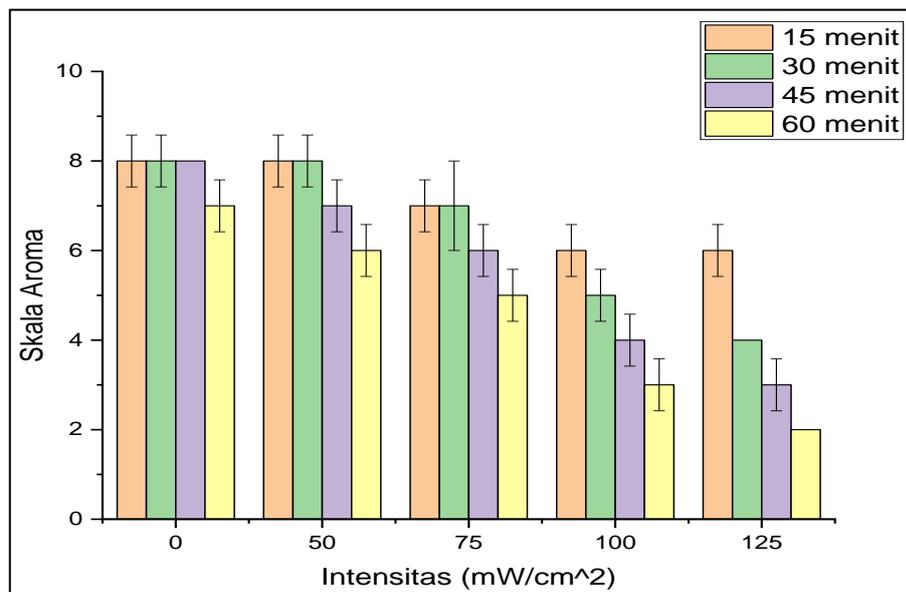
Perlakuan		Aroma			Rata-rata Aroma
Intensitas (mW/cm ²)	Waktu (menit)	1	2	3	
kontrol	0	8	7	8	8±0,58
0	15	7	8	8	8±0,58
	30	8	7	7	7±0,58
	45	7	7	7	7±0,00
	60	7	6	6	6±0,58
50	15	7	8	8	8±0,58
	30	8	7	7	7±0,58
	45	7	6	6	6±0,58
	60	6	5	5	5±0,58
75	15	6	7	7	7±0,58
	30	6	5	7	6±1,00
	45	5	6	6	6±0,58
	60	4	5	4	4±0,58
100	15	7	6	7	7±0,58
	30	6	5	5	5±0,58
	45	5	4	4	4±0,58
	60	4	3	3	3±0,58
125	15	6	6	7	6±0,58
	30	5	5	5	5±0,00
	45	5	4	4	4±0,58
	60	3	3	3	3±0,00

Sangat suka = 7-9 Suka = 4-6 Tidak suka = 1-3

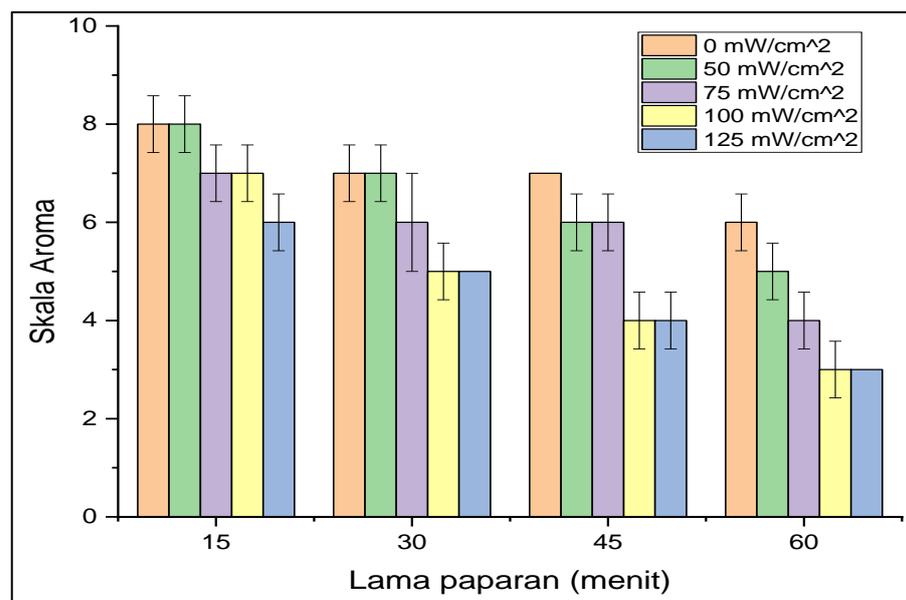
Tabel 4.20 menunjukkan bahwa aroma pada sari buah apel setelah dipapari sinar UV-C dengan variasi intensitas 0 mW/cm², 50 mW/cm², 75 mW/cm², 100 mW/cm² dan 125 mW/cm² dengan lama pemaparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit mengalami perubahan yang signifikan. Aroma sari buah apel yang mengalami perubahan paling signifikan dari keadaan kontrol adalah pada intensitas 125 mW/cm² dengan lama pemaparan 60 menit. Hal ini

disebabkan karena jika intensitas yang diberikan semakin tinggi dan waktu pemaparan semakin lama maka menghasilkan aroma sari buah apel yang semakin menghilang dan tidak segar.

Berdasarkan data hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara intensitas dan lama paparan sinar UV-C terhadap aroma sari buah apel yang ditunjukkan pada gambar 4.6



(a)



(b)

Gambar 4. 6 Diagram pengaruh intensitas terhadap aroma sari buah apel (b)
Diagram pengaruh lama paparan terhadap aroma sari buah apel

Gambar 4.5 (a) menunjukkan bahwa pemaparan sinar UV-C pada intensitas 0 mW/cm² dengan lama pemaparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit menghasilkan skala kesukaan panelis terhadap aroma sari buah apel menurun secara tidak signifikan yaitu 8-7. Pada intensitas 50 mW/cm²-75 mW/cm² dan lama pemaparan 15-60 menit menghasilkan skala menurun dengan lebih signifikan yaitu 8-5. Pada intensitas 100 mW/cm² dan 125 mW/cm² dengan lama pemaparan 15-60 menit menghasilkan skala menurun dengan lebih signifikan yaitu 6-2. Sedangkan pada gambar 4.6 (b) menunjukkan bahwa pada lama pemaparan 15-30 menit dengan intensitas 0 – 125 mW/cm² menghasilkan skala menurun yang cukup signifikan yaitu 8-5. Sedangkan pada lama pemaparan 30-60 menit dengan intensitas 0 – 125 mW/cm² menghasilkan skala menurun yang lebih signifikan yaitu 7-3. Hal ini dikarenakan intensitas rendah dan lama pemaparan yang singkat tidak cukup mampu menurunkan kualitas aroma sari buah apel secara signifikan.

Berdasarkan data organoleptik aroma sari buah apel setelah dipapari sinar UV-C pada tabel 4.16 dan juga grafik 4.4 dilakukan uji kurskal-Wallis untuk mengetahui perbedaan signifikan secara statistik adanya pengaruh intensitas dan lama paparan sinar UV-C terhadap rasa seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 21 Hasil Uji Kurskal-Wallis Terhadap Aroma

	Perlakuan
Kruskal-Wallis H	26.605
df	5
Asymp. Sig.	.000

Berdasarkan analisis data statistik menggunakan SPSS dengan uji kurskal wallis menunjukkan bahwa intensitas maupun lama paparan memiliki pengaruh nyata terhadap organoleptik aroma dengan nilai signifikansi 0,00. Hal ini disebabkan oleh pengaruh sinar UV-C dan perubahan senyawa volatil yang terdapat pada buah seperti ester, keton, alkohol, dan aldehid dapat dipengaruhi oleh lama penyimpanan.

4.3 Pembahasan

4.3.1 Pengaruh Intensitas dan Lama Paparan Sinar UV-C Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Listeria Monocytogenes* Pada Sari Buah Apel

Analisis data hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara intensitas dan lama paparan sinar UV-C terhadap pertumbuhan bakteri *Listeria monocytogenes* yaitu semakin besar intensitas sinar UV-C yang dipaparkan semakin sedikit jumlah koloni bakteri yang masih aktif. Hal ini disebabkan oleh terjadinya mekanisme *Photodynamic Terapi* (PDT), yaitu inaktivasi bakteri dengan fotodinamik.

Adapun mekanisme *Photodynamic Terapi* (PDT) memiliki beberapa proses, termasuk fotofisika yang terjadi karena interaksi cahaya terhadap sel bakteri. Cahaya yang dipancarkan akan diserap oleh elektron (molekul) untuk membangkitkan keadaan pertama dan kemudian sistem dalam memotong pada keadaan triplet. Terjadinya proses ini mengakibatkan fluoresensi diserap dari keadaan pertama ke keadaan dasar dan energi bisa dihilangkan melalui perusakan bukan radiasi. Dari keadaan triplet, energi yang hilang akan menghasilkan pancaran sinar atau radiasi fosforesensi dengan waktu hidup yang lama (mikrodetik), kemudian energi tersebut dilanjutkan menuju oksigen terdekat agar menghasilkan

jenis reaksi oksigen dan sebagian dari energi yang lain akan mengalami proses efek fotokimia, dimana dalam proses fotokimia tersebut membran sel akan membengkak dan setelah itu akan pecah (Astuti et al., 2011).

Interaksi yang terjadi apabila sinar ultraviolet mengenai bakteri *Listeria monocytogenes* yaitu elektron-elektron pada molekul bakteri akan mengabsorpsi energi yang dipancarkan oleh sinar, sehingga elektron-elektron pada kondisi stabil akan mengalami peningkatan, yang menyebabkan terjadinya eksitasi elektron. Apabila keadaan tersebut berlangsung secara terus menerus dengan energi cahaya atau foton yang tinggi, maka dapat mengakibatkan sel menjadi rusak. Karena dengan adanya energi foton yang tinggi, sel-sel tersebut akan mengalami reaksi fotokimia. Proses fotokimia terjadi ketika molekul yang tereksitasi secara optis bereaksi secara langsung dengan substrat yaitu membran sel atau molekul, dan mentransfer sebuah proton atau elektron membentuk anion dan kation radikal yang akan bereaksi dengan oksigen dan menghasilkan oksigenreaktif (ROS). Superoksida yang terbentuk kemudian bereaksi dengan substrat menghasilkan hidrogen peroksida (H_2O_2). Pada konsentrasi yang tinggi hidrogen peroksida anion membentuk hidroksil radikal (reaksi Haber-Weiss) yang dengan mudah berdifusi melalui membran dan merusak sel (Romlah, 2017).

Menurut Jawetz et al. (2001) pertumbuhan bakteri yang terhambat atau adanya kematian bakteri dapat disebabkan oleh sintesis dinding sel, penghambatan membran sel atau penghambatan sintesis nukleat. Radiasi UV-C yang mengenai dinding sel mikroorganisme akan berpenetrasi melalui dinding sel dan menyebabkan penyusunan ulang molekul dari DNA, absorpsi oleh DNA akan menghambat replikasi akibat pembentukan ikatan rangkap dua pada molekul-

molekul pirimidin. Kemampuan senyawa antimikroba untuk menghambat aktivitas pertumbuhan mikroba dalam sistem pangan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya temperatur, pH, keasaman, dan ketersediaan oksigen, serta interaksi antara beberapa faktor tersebut (Ardiansyah, 2007). Ketika mikroorganisme disinari oleh sinar Ultraviolet, maka ADN (Asam Deoksiribonukleat) dari mikroorganisme tersebut akan menyerap energi sinar ultraviolet. Energi tersebut menyebabkan terputusnya ikatan hidrogen pada basa nitrogen, sehingga terjadi modifikasi-modifikasi kimia dari nukleoprotein serta menimbulkan hubungan silang antara molekul-molekul timin yang berdekatan dengan berikatan secara kovalen. Hubungan ini dapat menyebabkan salah baca dari kode genetik dalam proses sintesa protein, yang akan menghasilkan mutasi yang selanjutnya akan merusak atau memperlemah fungsi-fungsi vital organisme dan kemudian akan membunuhnya (Jay, 2006).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Keyser et al., 2008) menunjukkan bahwa pemberian dosis UV-C dengan panjang gelombang 234 nm dapat memperlambat proses pertumbuhan bakteri akrobatik, ragi dan jamur dari jus apel. Penelitian lain yang dilakukan oleh (Castillo et al., 2012) mengungkapkan bahwa pemaparan sinar ultraviolet dengan energi dosis 2,66 sampai 53,10 J/cm² dengan variasi lama paparan tertentu berpengaruh dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan *Listeria innocua* sekaligus dapat mempertahankan kualitas dari jus apel. Pengaruh pemaparan sinar ultraviolet juga berpengaruh terhadap karakteristik sari buah tomat, dimana penyinaran ultraviolet selama 50 detik menghasilkan total mikroba $1,3 \times 10^7$ CFU/ml, kandungan vitamin C 24,64 mg, dan kandungan likopen 0,36 (Suharyono & Kurniadi, 2012).

Hasil penelitian membuktikan bahwa sinar ultraviolet-C mampu menurunkan jumlah koloni bakteri *Listeria monocytogenes* pada sari buah apel, dimana jumlah koloni bakteri *Listeria monocytogenes* sebelum diberikan paparan sinar ultraviolet-C sebesar 193×10^7 CFU/ml. Setelah dipapari sinar ultraviolet-C dengan intensitas 125 mW/cm^2 selama 60 menit jumlah koloninya menurun menjadi 27×10^7 CFU/ml dan rata-rata penurunan jumlah bakteri sebesar 86,16 %.

4.3.2 Pengaruh Intensitas dan Lama Paparan Sinar UV-C Terhadap pH Pada Sari Buah Apel

Salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri adalah pH, dikarenakan kadar pH merupakan faktor parameter daya awet suatu produk makanan atau minuman. Menurut (Trenggono, 2004), mikroba akan tumbuh pada rentang pH tertentu. Apabila pH berbeda dapat disebabkan karena proses metabolisme yang terjadi di dalam sel misalnya akumulasi produk metabolisme yang asam atau basa, sesuai kebutuhan pertumbuhannya. Total asam akan mengalami penurunan dan pH akan mengalami peningkatan jika intensitas semakin tinggi dan lama paparan sinar UV-C yang digunakan semakin lama. Menurut (Feng et al., 2013), terdapat pengaruh dari iradiasi ultraviolet terhadap sari buah yang menyebabkan mikroba tidak dapat meningkatkan produksi asam, sehingga menurunkan nilai total asam dan menaikkan nilai pH.

Pengaruh pH terhadap pertumbuhan bakteri berkaitan dengan aktivitas enzim. Enzim ini dibutuhkan oleh bakteri untuk mengkatalisir reaksi yang berhubungan dengan pertumbuhan bakteri. Apabila pH dalam suatu medium atau lingkungan tidak optimal maka akan mengganggu kerja enzim tersebut sehingga mengganggu pertumbuhan bakteri itu sendiri.

Sinar ultraviolet-C dapat merusak sistem metabolisme dari sel atau mikroba, akibatnya pH pada produk akan mengalami perubahan. Menurut (Arinda, 2015), penyinaran sinar UV-C dengan daya lampu 60 watt dan lama penyinaran 50 menit berpengaruh terhadap pH sari buah salak pondoh. Semakin tinggi daya dan lama penyinaran lampu UV-C maka semakin naik nilai pH sari buah pondoh. Hal ini dikarenakan nilai pH dipengaruhi oleh nilai total asam, ketika total asam semakin meningkat maka nilai pH semakin menurun. Paparan sinar ultraviolet-C dengan daya 30 watt dan 60 watt dengan variasi lama paparan 30, 40, 50, dan 60 menit juga diberikan terhadap sari buah murbei, dimana semakin tinggi daya lampu dan semakin lama waktu iradiasi maka paparan iradiasi ke bahan semakin tinggi sehingga menyebabkan asam-asam sari buah murbei yang tidak tahan cahaya iradiasi akan mengalami degradasi atau penurunan yang mengakibatkan nilai pH meningkat (Chintya & Nisa, 2015).

Berdasarkan Badan Standarisasi Nasional Peraturan BPOM No.36 tahun 2013 menyatakan bahwa nilai pH maksimal pada minuman sari buah adalah 4.0 sedangkan nilai pH sari buah apel yang dihasilkan pemaparan sinar UV-C pada penelitian ini melebihi batas tersebut, hal ini dikarenakan pembuatan sari buah dilakukan tanpa menggunakan gula dan bahan tambahan makanan lainnya, sehingga nilai pH sangat dipengaruhi oleh kerusakan senyawa fotokimia dengan berbagai reaksi kimia yang melibatkan enzim, cahaya, dan oksigen.

4.3.3 Pengaruh Intensitas dan Lama Paparan Sinar UV-C Terhadap Kadar Vitamin-C Pada Sari Buah Apel

Vitamin C merupakan nutrisi yang larut dalam air, yaitu senyawa organik yang berperan penting untuk menjaga daya tahan tubuh. Nama kimia vitamin C dari

bentuk utamanya yaitu asam askorbat. Jika vitamin C dalam keadaan terlarut maka akan mudah rusak oleh proses oksidasi terutama bila terkena cahaya dan panas. Menurut (Harris & Karmas, 2006), pemanasan dapat mengakibatkan susut vitamin C melalui pelarutan dimana vitamin C mudah larut dalam air dan juga terjadi susut akibat oksidasi selama pemanasan. Pemanasan dengan suhu yang tinggi dengan waktu yang relatif pendek sedikit merusak vitamin C, namun pada suhu rendah untuk periode waktu yang lama sangat merusak vitamin C.

Vitamin C dapat membunuh bakteri dengan cara mengubah pH lingkungan menjadi tidak ramah untuk pertumbuhan bakteri ($\text{pH} < 4$). Sebagian besar bakteri biasanya tumbuh pada pH dari 7-7,5 dengan pH minimumnya 4,5. Jika pH lingkungan eksternal rendah, konsentrasi ion H^+ akan lebih tinggi di lingkungan eksternal daripada di lingkungan internal sehingga ion H^+ akan pindah ke sitoplasma dengan pH sitoplasma yang lebih rendah. Variasi pH sitoplasma yang drastis mampu merusak mikroorganisme dengan mengganggu membran plasma atau menghambat aktivitas enzim dan transportasi protein membran (Ali et al., 2015).

Menurut (Barka et al., 2009) menjelaskan bahwa penyinaran UV-C mampu menurunkan aktivitas enzim askorbat oksidase. Aktivitas enzim yang terhambat akan mencegah proses oksidasi vitamin C sehingga penurunan vitamin C dapat dicegah. Penurunan vitamin C tersebut disebabkan karena vitamin C bersifat mudah teroksidasi dan hilang selama penyimpanan. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses oksidase yaitu temperature, cahaya, panas, pH. Pada penelitian ini, sari buah apel dimasukkan dalam botol flakon bening transparan dimana flakon tersebut tembus cahaya sehingga memungkinkan terjadinya oksidasi

vitamin C oleh cahaya. Selain itu, oksigen yang kontak langsung selama proses pengolahan sari buah apel seperti pada saat pengirisan, pencucian, penghancuran dengan blender, menyebabkan vitamin C mengalami degradasi oleh proses oksidasi. Menurut (Safaryani et al., 2007) lama paparan sinar ultraviolet dapat menurunkan kadar vitamin C, jika tidak ingin mengalami penurunan maka dapat mempersingkat waktu pemaparan UV-C.

4.3.4 Pengaruh Intensitas dan Lama Paparan Sinar UV-C Terhadap Organoleptik Pada Sari Buah Apel

Sifat organoleptik warna merupakan salah satu komponen untuk menentukan kualitas suatu bahan makanan atau minuman karena dapat dinilai dengan indera penglihatan manusia. Dalam penelitian ini terdapat 3 panelis untuk menilai pengujian organoleptik warna. Nilai kesukaan panelis tertinggi terhadap sifat organoleptik warna terdapat pada perlakuan kontrol. Menurut pengamatan panelis terdapat perbedaan warna dari sari buah apel setelah dipapari sinar ultraviolet-C dengan intensitas dan lama paparan yang semakin meningkat. Hal tersebut dikarenakan oleh pengaruh cahaya yang terlalu lama sehingga dapat merubah warna sari buah. Menurut (Noci et al., 2008), radiasi UV-C dapat merusak pigmen warna pada sari buah seperti betakaroten yang terdapat pada sari buah wortel. Namun kerusakan pigmen tersebut tidak terlalu signifikan dibanding produk dengan perlakuan termal.

Perubahan warna kecoklatan pada sampel sari buah apel disebabkan oleh adanya enzim polifenol oksidase. Reaksi ini dinamakan reaksi pencoklatan, yang salah satunya disebabkan oleh keberadaan enzim. Enzim polifenol oksidase dan oksigen diperlukan dalam proses pencoklatan enzim untuk berhubungan dengan

substrat. Reaksi tersebut akan terjadi pada buah-buahan atau sayuran yang banyak mengandung substrat senyawa fenolik (Winarno, 2004).

Sifat organoleptik rasa termasuk dalam sifat penentu kualitas jus apel. Panelis menyatakan bahwa nilai kesukaan tertinggi terhadap sifat organoleptik rasa terdapat pada perlakuan kontrol. Berdasarkan penilaian panelis menggunakan indera pengecap (lidah) untuk mengetahui perubahan rasa pada sari buah apel. Perbedaan rasa dari sari buah apel setelah dipapari sinar UV-C dirasakan pada waktu pemaparan mulai dari 30 menit. Hal ini disebabkan oleh intensitas dan lama paparan sinar ultraviolet-C tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap sari buah apel.

Kualitas rasa sari buah apel dapat dipengaruhi oleh sinar ultraviolet-C yaitu dengan mempengaruhi nilai total asam, dimana semakin lama waktu paparan maka nilai total asam semakin menurun. Air dan karbohidrat merupakan komponen penyusun pada buah yang terekstrak karena paparan ultraviolet-C yang mengakibatkan penurunan total asam. Hal ini menyebabkan penurunan kualitas rasa sari buah apel mengalami penurunan, yaitu semakin hambar.

Aroma merupakan sensasi subyektif yang dihasilkan dengan penciuman (pembauan). Menurut (Kemp et al., 2009), aroma atau bau merupakan suatu respon ketika senyawa volatil dari suatu makanan masuk ke rongga hidung dan dirasakan oleh sistem olfaktori. Aroma dapat mempengaruhi tingkat kualitas suatu minuman yang dapat dinilai oleh hidung manusia. Menurut panelis, nilai kesukaan tertinggi terhadap organoleptik aroma sari buah apel yaitu pada perlakuan kontrol. Terdapat kesulitan dalam membedakan aroma dari sari buah apel dengan intensitas dan lama paparan sinar ultraviolet-C. Intensitas dan lama paparan sinar ultraviolet-C tidak

memiliki pengaruh yang besar pada tingkat kesukaan panelis terhadap aroma sari buah apel. Perlakuan UV-C tidak menimbulkan pengaruh yang signifikan terhadap sifat fisiko-kimia sari buah, tetapi berpengaruh signifikan terhadap karakter mikrobiologi (Noci et al., 2008).

4.4 Integrasi dengan Al-Qur'an

Sinar atau cahaya merupakan gelombang elektromagnetik dalam kondisi tertentu dapat berperan sebagai partikel. Radiasi gelombang elektromagnetik dibagi menjadi 3 jenis yaitu radiasi ultraviolet (UV) cahaya tampak dan inframerah (IR). Pada penelitian ini digunakan sinar ultraviolet sebagai penghambat pertumbuhan bakteri *Listeria monocytogenes*. Berdasarkan panjang gelombangnya sinar ultraviolet yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri yaitu sinar ultraviolet tipe C dengan panjang gelombang rendah yaitu 265 nm.

Dalam hal ini, Allah SWT menciptakan matahari sebagai penerangan dimuka bumi ini. Firman Allah SWT dalam Al-qur'an Surat Yunus (10):5

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَرَهُ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا عَدَدَ السِّنِينَ وَالْحِسَابَ مَا خَلَقَ اللَّهُ ذَلِكَ إِلَّا بِالْحَقِّ يُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ ﴿٥﴾

“Dialah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya, dan Dialah yang menetapkan tempat-tempat orbitnya, agar kamu mengetahui bilangan tahun, dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan demikian itu melainkan dengan benar. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui.” (Q.S Yunus(10):5)

Berdasarkan ayat diatas menjelaskan bahwa cahaya bersumber dari sinar matahari. Hal ini dapat diketahui berdasarkan kata ضِيَاءً yang disebutkan setelah kata الشَّمْسَ yang memiliki makna “suatu yang terang” dalam hal ini merupakan sumber cahaya (bintang) yakni matahari, sedangkan kata نُورًا disebutkan setelah

kata الْقَمَرَ yang bermakna cahaya bulan yang merupakan pantulan dari cahaya matahari. Dalam hal ini kata “nur” memiliki makna cahaya yang merupakan pantulan, sedangkan kata “dhiya” memiliki makna sinar yang berasal dari dirinya sendiri atau sumber cahaya yakni matahari (Al- Maraghi, 1993). Matahari bersinar dengan terang, hangat, panas, dan menyilaukan, sedangkan bulan bercahaya dan redup. Hal tersebut menunjukkan bahwa Allah menciptakan bulan yang bercahaya dari pantulan sinar matahari, yang redup hingga yang terang sesuai dengan kemanfaatannya. Menurut (Rini, 2016) matahari memancarkan gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik yang dipancarkan matahari merupakan spektrum matahari. Spektrum matahari terdiri dari sinar gamma, sinar X, sinar ultraviolet, sinar tampak, inframerah, gelombang TV, dan gelombang radio. Spektrum matahari yang dimanfaatkan dalam penelitian ini adalah sinar ultraviolet karena matahari merupakan penghasil ultraviolet yang paling besar. Lapisan ozon yang ada dalam lapisan atas atmosfer berfungsi menyerap sinar ultraviolet dan meneruskan sinar ultraviolet yang tidak membahayakan kehidupan makhluk hidup dan juga dapat dimanfaatkan oleh manusia. Salah satu sinar ultraviolet yang memiliki panjang gelombang terpendek dan tingkat energi tertinggi adalah sinar ultraviolet-C.

Sinar ultraviolet-C banyak dimanfaatkan di berbagai bidang, salah satunya di bidang kesehatan yaitu digunakan untuk mengurangi pertumbuhan bakteri. Dalam penelitian ini sinar ultraviolet-C digunakan untuk mengurangi pertumbuhan bakteri *Listeria monocytogenes* pada sari buah apel. Adapun ayat Al-Qur'an yang menjelaskan tentang bakteri yaitu terdapat pada Q.S Al Baqarah ayat 26:

إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَّا بَعُوضَةً فَمَا فَوْقَهَا^{٣٦} فَأَمَّا الَّذِينَ آمَنُوا فَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ
 مِنْ رَبِّهِمْ وَأَمَّا الَّذِينَ كَفَرُوا فَيَقُولُونَ مَاذَا أَرَادَ اللَّهُ بِهَذَا مَثَلًا يُضِلُّ بِهِ كَثِيرًا وَيَهْدِي بِهِ
 كَثِيرًا^{٣٧} وَمَا يُضِلُّ بِهِ إِلَّا الْفَاسِقِينَ ﴿٣٦﴾

“Sesungguhnya Allah tidak segan membuat perumpamaan seekor nyamuk atau yang lebih kecil dari itu. Adapun orang-orang yang beriman, mereka tahu bahwa itu kebenaran dari Tuhan. Tetapi mereka yang kafir berkata, “Apa maksud Allah dengan perumpamaan ini?” Dengan (perumpamaan) itu banyak orang yang dibiarkan-Nya sesat, dan dengan itu banyak (pula) orang yang diberi-Nya petunjuk. Tetapi tidak ada yang Dia sesatkan dengan (perumpamaan) itu selain orang-orang fasik.”(Q.S Al-Baqarah(2):26)

Berdasarkan tafsir Ibnu Katsir dari ayat diatas Allah SWT menciptakan segala sesuatu dengan berbagai macam jenis dan bentuknya dari makhluk hidup makroskopis hingga mikroskopis. Hal ini dapat dilihat dari kata *فَمَا فَوْقَهَا* yang memiliki makna “yang lebih rendah dari itu”. Kalimat tersebut mengindikasikan bahwa Allah SWT menciptakan apa saja, yaitu penciptaan apapun dengan obyek apa saja, baik yang besar maupun yang paling kecil. Diantara semua ciptaan tersebut Allah SWT tidak pernah menganggap remeh termasuk makhluk hidup yang sangat kecil (mikroskopis). Adapun orang-orang yang beriman akan menyakini bahwa dalam perumpamaan penciptaan Allah SWT pasti memiliki manfaat bagi kehidupan manusia. Sebagaimana Allah menciptakan bakteri yang berukuran kecil tetapi keberadaannya memiliki manfaat bagi kehidupan manusia, hewan, dan tumbuhan. Adapun hikmah dari diciptakannya bakteri ini yaitu agar kita senantiasa mengagumi kekuasaan Allah SWT yang sangat luar biasa, mensyukuri atas nikmat yang telah diberikan oleh Allah SWT, serta dapat mempelajari dan menambah ilmu pengetahuan kita mengenai morfologi ataupun struktur sel bakteri. Artinya segala sesuatu yang diciptakan Allah SWT, sebenarnya mengandung makna tersendiri dan semuanya tidak ada yang sia-sia.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh pemaparan sinar UV-C terhadap pertumbuhan bakteri *Listeria monocytogenes*, pH, kadar vitamin C, dan organoleptik pada sari buah apel, hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Intensitas dan lama paparan sinar UV-C dapat mengurangi jumlah koloni bakteri *Listeria monocytogenes* pada sari buah apel dengan rata-rata penurunan jumlah bakteri paling rendah yaitu $(27 \pm 8,3)10^7$ CFU/ml, yaitu pada intensitas 125 mW/cm^2 dan lama pemaparan 60 menit.
2. Intensitas dan lama paparan sinar UV-C dapat meningkatkan kadar pH pada sari buah apel dengan kadar pH terbesar adalah 5,8 pada intensitas 125 mW/cm^2 dan lama pemaparan 60 menit, dan hasil kadar pH terbaik untuk dikonsumsi adalah pada keadaan kontrol yaitu 4,5.
3. Intensitas dan lama paparan sinar UV-C dapat menurunkan kadar vitamin C pada sari buah apel dengan nilai kadar vitamin C paling rendah adalah 2,773 mg/ml, yaitu pada intensitas 125 mW/cm^2 dan lama pemaparan 60 menit.
4. Intensitas dan lama paparan sinar UV-C dapat menurunkan kualitas organoleptik pada sari buah apel dengan menghasilkan warna, rasa, dan aroma sari buah apel menjadi kurang menarik dan kurang diminati panelis. Sehingga hasil terbaik dari sifat organoleptik sari buah apel terdapat pada perlakuan kontrol atau tanpa pemaparan.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang sudah dinyatakan maka diberikan saran-saran untuk dilakukan perbaikan dimasa mendatang, yaitu:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai eektivitas pemaparan sinar UV-C terhadap penonaktivasi bakteri pada produk pangan.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut terhadap penonaktifan bakteri *Listeria monocytogenes* dengan intensitas yang lebih tinggi sehingga tidak ada bakteri yang tumbuh kembali.
3. Pada saat penelitian, diupayakan untuk mensterilisasi seluruh alat dan bahan yang digunakan terlebih dahulu, agar tidak terjadi kontaminasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alatas, Z., dan Y. L. (2001). *Efek Kesehatan Radiasi Non Pengion pada Manusia. Prosiding Seminar Keselamatan, Kesehatan, dan Lingkungan.*
- Ali, A. A., Milala, M. A., & Gulani, I. A. (2015). *Antimicrobial effects of crude bromelain extracted from pineapple fruit (Ananas comosus (Linn .) Merr .).* 3(1), 1–4. <https://doi.org/10.11648/j.ab.20150301.11>
- Amalia, D. F. (2015). *Perlindungan Hukum Bagi Konsumen Terhadap Beredarnya Apel Granny Smith Yang Terkontaminasi Bakteri Listeria Monocytogenes. In Efektifitas Penyuluhan Gizi pada Kelompok 1000 HPK dalam Meningkatkan Pengetahuan dan Sikap Kesadaran Gizi (Vol. 3, Issue 3).*
- Anderson, J. G., Rowan, N. J., MacGregor, S. J., Fouracre, R. A., & Parish, O. (2000). *Inactivation of food-borne enteropathogenic bacteria and spoilage fungi using pulsed-light. IEEE Transactions on Plasma Science, 28(1), 83–88.* <https://doi.org/10.1109/27.842870>
- Anggraini, D., Sukrama, I. D. M., & Pertiwi, N. K. F. R. (2018). *Jus Apel Manalagi (Malus Sylvestruis Mill) menghambat pertumbuhan Streptococcus mutans in vitro. Bali Dental Journal, 2(1), 59–64.*
- Ansar, Sukmawaty, Muttalib, S. A., & Wartono, N. (2019). *Pengaruh Sinar Uv Terhadap Ph Dan Total Padatan Terlarut Nira Aren (Arenga Pinnata Merr) Selama Penyimpanan. Jurnal Teknik Pertanian Lampung, 8(4), 265–272.* http://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JTP/article/download/3350/pdf_1
- AOAC. (2005). *Official Methods of Analytical Chemistry.* University of America.
- Arinda, I. D. (2015). *Pengaruh Daya Dan Lama Penyinaran Sinar Ultraviolet-C Terhadap Total Mikroba Sari Buah Salak Pondoh. Jurnal Pangan Dan Agroindustri, 3(4), 1337–1344.*
- Arinda, I. D., & Yuniarta. (2015). *Pengaruh Daya Dan Lama Penyinaran Sinar Ultraviolet-C Terhadap Total Mikroba Sari Buah Salak Pondoh. Jurnal Pangan Dan Agroindustri, 3(4), 1337–1344.* <https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/256/265>
- Ariyanti, T. (2010). *Bakteri Listeria monocytogenes sebagai Kontaminan Makanan Asal Hewan (Foodborne Disease). Wartazoa, 20(2), 94–102.*
- 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.*
- Atilgan, E., Aksoy, S., & Akinci, S. (2005). *Determinants of the brand equity: A verification approach in the beverage industry in Turkey. Marketing Intelligence & Planning, 23(3), 237–248.* <https://doi.org/10.1108/02634500510597283>

- Barka, N., Assabbane, A., Nounah, A., Laanab, L., & Ichou, Y. A. (2009). Removal of textile dyes from aqueous solutions by natural phosphate as a new adsorbent. *Desalination*, 235(1–3), 264–275. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.01.015>
- Bastian. (2004). *Mempelajari Pengaruh Suhu Penyimpanan Terhadap Mutu Buah Apel Varietas Red Delicious (Malus Sylvestris)*. Tidak Diterbitkan. from: <http://www.unhas.ac.id>.
- Baverly. (2004). *The Control, Survival, and Growth of Listeria Monocytogenes On Food Products*. The Ohio State University.
- Biral, D., Maria, M., Augusto, O., Guilherme, N., Astrath, C., Caroline, N., Terezinha, I., Previdelli, S., Vataru, C., Martha, J., & Mikcha, G. (2019). International Journal of Food Microbiology Effect of ultraviolet (UV-C) radiation on spores and biofilms of Alicyclobacillus spp . in industrialized orange juice. *International Journal of Food Microbiology Journal*, 305(January). <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108238>
- Boulnois, J. L. (1986). Photophysical processes in recent medical laser developments: A review. *Lasers in Medical Science*, 1(1), 47–66. <https://doi.org/10.1007/BF02030737>
- Cahyadi. (2008). *Analisis dan aspek kesehatan bahan tambahan pangan*. Bumi Aksara.
- Cahyonugroho. (2001). Pengaruh Intensitas Sinar Ultraviolet dan Pengadukan terhadap Reduksi Jumlah Bakteri E-coli. In *Skripsi*. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran.”
- Cahyonugroho, H. (2005). Pengaruh intensitas sinar ultraviolet dan pengadukan terhadap reduksi jumlah bakteri E.coli. *Teknik Lingkungan*, 2(1), 18–23. <http://eprints.upnjatim.ac.id/id/eprint/1249>
- Campbell, N. A. (2010). *Biologi Edisi ke 8 J ilid 3. (diterjemahkan dari: Biology Eighth Edition, penerjemah : D.T. Wulandari)*. Penerbit Erlangga.
- Castillo, J., Ferrari, G., Pat, G., Di, S., Noci, F., Whyte, P., Morgan, D. J., Cronin, D. A., & Lyng, J. G. (2012). The Effect of Ultraviolet Light on Microbial Inactivation and Quality Attributes of Apple Juice. *Food Bioprocess Technol*, 5, 680–686. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0365-x>
- CDC (Centers For Disease Control) And Prevention. (2014). *Listeria (Listeriosis) Statistics*. <http://www.cdc.gov/listeria/statistics.html>
- Chintya, R. D., & Nisa, F. C. (2015). Pengaruh Daya Lampu Dan Lama Iradiasi Ultraviolet Terhadap Karakteristik Sari Buah Murbei (Morus Alba L .). *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(2), 610–619.
- Effendi, R. (2007). *Medan Elektromagnetik Terapan*. Erlangga.
- Erkan, M., Wang, S. Y., & Wang, C. Y. (2008). Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 48(2), 163–171.

<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.09.028>

- 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 & Emerging Technologies*, 19, 133–139.
- Ganeva. (2006). *Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health*. World Health Organization. <http://www.who.int/dietphysicalactivity/fruit/en/>
- Ghannoum, M. A., Isham, N., & Long, L. (2012). Optimization of an infected shoe model for the evaluation of an ultraviolet shoe sanitizer device. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 102(4), 309–313. <https://doi.org/10.7547/1020309>
- Halliday, D., Resnick, R., & Bowen, G. H. (1972). Fundamentals of Physics. In N. Edition & I. John Wiley & Sons (Eds.), *Physics Today* (Vol. 25, Issue 4). United States of America. <https://doi.org/10.1063/1.3070817>
- Hariono, B., Sutrisno, Seminar, K. B., & Maheswari, R. R. (2012). *Pengembangan sistem pasteurisasi berbasis kombinasi Ultraviolet (UV) dan Medan Pulsa Listrik Tegangan Tinggi (HPEF) untuk susu kambing*. IPB.
- Harris, R. S., & Karmas., E. (2006). *Evaluasi Gizi pada Pengolahan Bahan Pangan*. Penerjemah: S. Achmadi. ITB Press.
- Harsoyo. (2002). *Pengaruh Iradiasi Dan Penyimpanan Listeria Monocytogenes Yang di Inokulasi Pada Daging Kambing*. Puslitbang Peternakan.
- Irianto, K. (2013). *Mikrobiologi Medis*. Alfabeta.
- Jawetz, Melnick, Adelberg, Brooks, Butel, & Ornston. (1995). *Mikrobiologi Kedokteran*. Penerbit Buku Kedokteran Egc.
- Kemp, Hollowood, T., & Hort, J. (2009). *Sensory Evaluation: A Practical Handbook*. Wiley-Blackwell.
- Keyser, Muller, Cilliers, Nel, W., & Gouws. (2008). Ultraviolet Radiation as a Non-thermal Treatment for The Inactivation Of Microorganisms in Fruit Juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3(9), 348–354.
- Koswara, S. (2006). *Bahaya di balik Kemasan Plastik*. 1–3.
- Koutchma, Forney, L. J., & Moraru, C. I. (2009). *Ultraviolet light in food technology: Principles and applications, Contemporary Food Engineering*. CRC Press.
- Laitinen, K., Collado, M. C., & Isolauri, E. (2010). *Early nutritional environment : focus on health effects of microbiota and probiotics*. 1(December), 383–390. <https://doi.org/10.3920/BM2010.0045>
- Ma'at. (2009). *Sterilisasi dan Disinfeksi*. Airlangga University Press.
- Michael. (2008). *Dasar-dasar Mikroorganisme*. UI Press.

- Mukaromah, H. (2020). *Pengaruh Lama Paparan UV-C Terhadap Kadar Antioksidan dan Vitamin C Pada Buah Kelengkeng dan Apel Yang Disimpan Pada Suhu Rendah*.
- Noci, F., Riener, J., Walkling-Ribeiro, M., Cronin, D. A., Morgan, D. J., & Lyng, J. G. (2008). Ultraviolet irradiation and pulsed electric fields (PEF) in a hurdle strategy for the preservation of fresh apple Juice. *Journal of Food Engineering*, 85(1), 141–146. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.07.011>
- Nur, M., Rukmi, M. G. I., & Komariyah. (2005). Metoda baru untuk dekontaminasi bakteri dengan plasma non termik pada tekanan atmosfer. *Berkala Fisika*, 8(3), 91–98.
- Rini, W. (2016). *Rangkuman Pengetahuan Alam Lengkap*. Huta Publisher.
- Romlah, S. (2017). *Pengaruh Cahaya Ultraviolet C Dan Kelembaban Udara (Rh) Terhadap Jumlah Bakteri Escherichia Coli Pada Kulit Sepatu*.
- Sa'adah, L. I. N., & Estiasih, T. (2015). *Karakterisasi Minuman Sari Apel Produksi Skala Mikro Dan Kecil Di Kota Batu*. 3(2), 374–380.
- Safaryani, N., Haryanti, S., & Hastuti, E. D. (2007). Pengaruh suhu dan lama penyimpanan terhadap penurunan kadar vitamin C brokoli (*Brassica oleracea L*). *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, XV(2), 39–45.
- Shama, G., & Alderson, P. (2005). UV hormesis in fruits: A concept ripe for commercialisation. *Trends in Food Science and Technology*, 16(4), 128–136. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.10.001>
- Sofwan. (2013). *Bugar Selalu Di Tempat Kerja*. PT Bhuana Ilmu Populer.
- Steck. (2008). *Classical and Modern Optics*. University of Oregon.
- Subowo. (1995). *Biologi sel*. Angkasa Bandung.
- Suharyono, & Kurniadi, M. (2012). Efek Sinar Ultraviolet dan Lama Simpan terhadap Karakteristik Sari Buah Tomat. *Agritech: Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian UGM*, 30(1), 25–31. <https://doi.org/10.22146/agritech.9688>
- Suryana, D. (2018). *Manfaat Buah*. Erlangga.
- Tahir, I., Jumina, & Yuliasuti, I. (2002). Analisis Aktivitas Perlindungan Sinar Uv Secara in Vitro Dan in Vivo Dari Beberapa Senyawa Ester Sinamat Produk ... *Journal Academia*.
- Trenggono. (2004). *Teknologi Pengemasan*. Universitas Kristen Petra. <http://www.pdfwizard.com>
- USDA (United States Departemnt of Agriculture). (2000). *Egg Grading Manual*. United State Departement of Agriculture.
- Waji, & Sugrani. (2009). Flavonoid (Quercetin). In *Makalah*. Program S2 Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.
- Waluyo, M. (2008). *Teknik Metode Dasar Dalam Mikrobiologi*. UMM.

- Winarno. (2004). *Kimia Pangan dan Gizi*. PT Gramedia Utama.
- Wirakusumah, E. (2006). *Jus Buah & Sayuran*. Penebar Swadaya.
- Wulandari, A. (2005). *Daya Anti Bakteri Ekstrak Buah Apel Manalagi Terhadap Bakteri Salmonella Thyposa*. 2(1).
- Yanuriati, A., Parwiyanti, Prabawati, S., & Yulianingsih. (2009). Penggunaan Iradiasi UV-C Untuk Mengurangi Kerusakan dan Mempertahankan Kualitas Duku Segar. *Pascapanen*, 6(2), 69–75.
- Yulianti, S., Irlansyah, Junaedi, E., & Mufatis, W. (2007). *Khasiat dan Manfaat Apel*. Erlangga.
- Zhou, X., Chen, Y., Tang, J., Huang, S., Cao, Y., & J, C. (2012). Loss estimation of litchi fruit due to pericarp browning. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 33(8), 1403–1404.

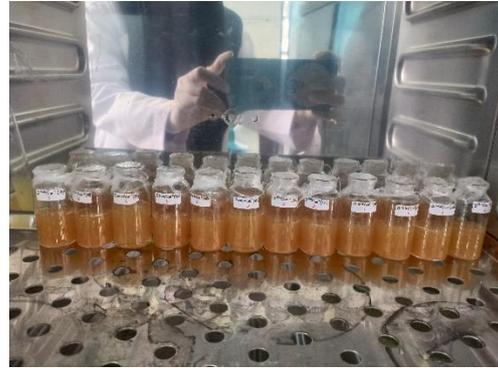
LAMPIRAN

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Penelitian



Box UV-C



Sampel saat di inkubasi



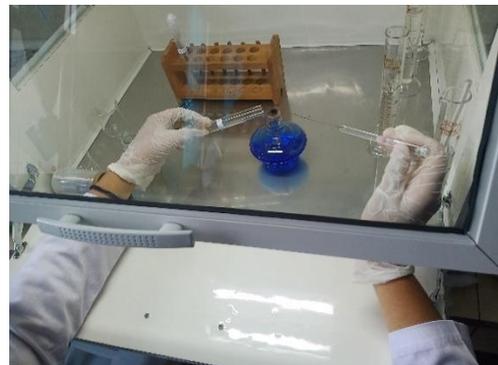
Sari Buah Apel



Proses Sterilisasi



Pembuatan media NA



Pembuatan media NB



Penanaman bakteri pada sampel



Pemaparan UV-C pada sampel



Persiapan suspensi



Proses Perhitungan Koloni Bakteri



Persiapan Pengukuran pH



Pembuatan larutan standar vitamin C



Hotplate



Inkubator

Lampiran 2. Data Hasil Penelitian

a) Data Jumlah Koloni

Perlakuan		Jumlah bakteri (10^7 CFU/ml)			Rata-rata (10^7 CFU/ml)	Persentase (%)
Intensitas (mW/ cm ²)	Waktu (menit)	1	2	3		
Kontrol	0	172x10 ⁷	188x10 ⁷	220x10 ⁷	(193± 24,4)10 ⁷	-0,17
0	15	224x10 ⁷	200x10 ⁷	188x10 ⁷	(204± 18,3)10 ⁷	-5,70
	30	232x10 ⁷	212x10 ⁷	196x10 ⁷	(213± 18,0)10 ⁷	-10,54
	45	240x10 ⁷	220x10 ⁷	200x10 ⁷	(220± 20,0)10 ⁷	-13,99
	60	252x10 ⁷	236x10 ⁷	212x10 ⁷	(233± 20,1)10 ⁷	-20,90
50	15	160x10 ⁷	152x10 ⁷	144x10 ⁷	(152± 8,0)10 ⁷	21,24
	30	152x10 ⁷	140x10 ⁷	132x10 ⁷	(141± 10,1)10 ⁷	26,77
	45	128x10 ⁷	116x10 ⁷	120x10 ⁷	(121± 6,1)10 ⁷	37,13
	60	112x10 ⁷	116x10 ⁷	100x10 ⁷	(109± 8,3)10 ⁷	43,35
75	15	148x10 ⁷	140x10 ⁷	136x10 ⁷	(141± 6,1)10 ⁷	26,77
	30	132x10 ⁷	136x10 ⁷	124x10 ⁷	(131± 6,1)10 ⁷	32,30
	45	124x10 ⁷	116x10 ⁷	112x10 ⁷	(117± 6,1)10 ⁷	39,21
	60	100x10 ⁷	92x10 ⁷	84x10 ⁷	(92± 8,0)10 ⁷	52,33
100	15	116x10 ⁷	112x10 ⁷	104x10 ⁷	(111± 6,1)10 ⁷	42,66
	30	100x10 ⁷	92x10 ⁷	88x10 ⁷	(93± 6,1)10 ⁷	51,64
	45	80x10 ⁷	76x10 ⁷	72x10 ⁷	(76± 4,0)10 ⁷	60,62
	60	72x10 ⁷	64x10 ⁷	52x10 ⁷	(63± 10,1) 10 ⁷	67,53
125	15	76x10 ⁷	80x10 ⁷	76x10 ⁷	(77± 2,3)10 ⁷	59,93
	30	68x10 ⁷	64x10 ⁷	64x10 ⁷	(65± 2,3)10 ⁷	66,15
	45	52x10 ⁷	44x10 ⁷	48x10 ⁷	(48± 4,0)10 ⁷	75,13
	60	36x10 ⁷	24x10 ⁷	20x10 ⁷	(27± 8,3)10 ⁷	86,18

b) Data pH

Perlakuan		pH			Rata-rata pH
Intensitas (mW/cm ²)	Waktu (menit)	1	2	3	
Kontrol	0	4,5	4,4	4,6	4,5±0,10
0	15	4,5	4,6	4,5	4,5±0,06
	30	4,6	4,5	4,5	4,5±0,06
	45	4,6	4,7	4,6	4,6±0,06
	60	4,6	4,7	4,7	4,7±0,06
50	15	4,5	4,6	4,5	4,5±0,06
	30	4,6	4,5	4,5	4,5±0,06
	45	4,7	4,6	4,7	4,7±0,06
	60	4,8	4,9	4,9	4,9±0,06

75	15	4,7	4,7	4,7	4,7±0,00
	30	4,6	4,7	4,7	4,7±0,06
	45	4,7	4,8	4,8	4,8±0,06
	60	5	5,1	5,2	5,1±0,10
100	15	4,7	4,9	4,8	4,8±0,10
	30	4,8	4,9	5	4,9±0,10
	45	5	5,2	5,1	5,1±0,10
	60	5,3	5,4	5,4	5,4±0,06
125	15	5	5	4,9	5±0,6
	30	5,2	5,4	5,4	5,3±0,12
	45	5,5	5,4	5,6	5,5±0,10
	60	5,7	5,8	5,8	5,8±0,06

c) Data vitamin-C

Perlakuan		Konsentrasi Kadar Vitamin C Sari Buah Apel (mg/ml)			Rata-rata
Intensitas (mW/cm ²)	Waktu (menit)	1	2	3	
Kontrol	0	11,94	11,13	11,83	11,633±0,439
0	15	9,58	10,86	11,2	10,547±0,854
	30	10,61	8,75	9,93	9,763±0,941
	45	7,95	5,76	7,44	7,050±1,146
	60	7,08	5,78	5,55	6,137±0,825
50	15	7,75	8,52	7,55	7,940±0,512
	30	8,96	7,55	6,29	7,600±1,336
	45	7,8	7,02	6,54	7,120±0,636
	60	6,09	7,8	5,65	6,513±1,136
75	15	7,61	7,55	7,22	7,460±0,210
	30	5,38	5,57	6,8	5,917±0,771
	45	6,35	5,09	4,79	5,410±0,828
	60	4,25	3,93	3,83	4,003±0,219
100	15	6,4	5,78	5,5	5,893±0,461
	30	5,38	5,05	5,09	5,173±0,180
	45	4,44	3,38	3,14	3,653±0,692
	60	3,62	3,3	3,11	3,343±0,258
125	15	3,45	3,46	3,42	3,443±0,021
	30	3,36	3,41	3,12	3,297±0,155
	45	3,35	2,94	2,67	2,987±0,342
	60	2,9	2,69	2,73	2,773±0,112

d) Data organoleptik

*Aroma

Perlakuan		Aroma			Rata-rata Aroma
Intensitas (mW/cm ²)	Waktu (menit)	1	2	3	
kontrol	0	8	7	8	8±0.58
0	15	7	8	8	8±0.58
	30	8	7	7	7±0.58
	45	7	7	7	7±0.00
	60	7	6	6	6±0.58
50	15	7	8	8	8±0.58
	30	8	7	7	7±0.58
	45	7	6	6	6±0.58
	60	6	5	5	5±0.58
75	15	6	7	7	7±0.58
	30	6	5	7	6±1.00
	45	5	6	6	6±0.58
	60	4	5	4	4±0.58
100	15	7	6	7	7±0.58
	30	6	5	5	5±0.58
	45	5	4	4	4±0.58
	60	4	3	3	3±0.58
125	15	6	6	7	6±0.58
	30	5	5	5	5±0.00
	45	5	4	4	4±0.58
	60	3	3	3	3±0.00

Sangat suka = 7-9 Suka = 4-6 Tidak suka = 1-3

*Rasa

Perlakuan		Rasa			Rata-rata Rasa
Intensitas (mW/cm ²)	Waktu (menit)	1	2	3	
Kontrol	0	8	8	7	8±0.58
0	15	8	8	8	8±0.00
	30	8	7	8	8±0.58
	45	7	8	8	8±0.58
	60	7	7	7	7±0.00
50	15	8	8	7	8±0.58

	30	8	7	8	8±0.58
	45	7	7	7	7±0.00
	60	6	7	6	6±0.58
75	15	6	7	7	7±0.58
	30	7	7	6	7±0.58
	45	6	6	5	6±0.58
	60	4	5	5	5±0.58
100	15	6	6	7	6±0.58
	30	5	5	5	5±0.00
	45	4	4	3	4±0.58
	60	4	3	3	3±0.58
125	15	6	6	5	6±0.58
	30	4	4	5	4±0.58
	45	3	3	3	3±0.00
	60	3	2	2	2±0.58

Sangat suka = 7-9 Suka = 4-6 Tidak suka = 1-3

Lampiran 3. Hasil Analisis Uji Faktorial

a) Koloni Bakteri

a) Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Data

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	1089536.000 ^a	20	54476.800	486.400	.000
Intensitas	181604.267	4	45401.067	405.367	.000
Lama_Paparan	8846.933	3	2948.978	26.330	.000
Intensitas * Lama_Paparan	7995.733	12	666.311	5.949	.000
Error	4480.000	40	112.000		
Total	1094016.000	60			

a. R Squared = .996 (Adjusted R Squared = .994)

b) pH

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Data

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	1439.780 ^a	20	71.989	11998.167	.000
Intensitas	5.084	4	1.271	211.847	.000
Lama_Paparan	1.324	3	.441	73.556	.000
Intensitas * Lama_Paparan	.601	12	.050	8.347	.000

Error	.240	40	.006		
Total	1440.020	60			

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

c) Vitamin C

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Data

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	2307.129 ^a	20	115.356	238.846	.000
Intensitas	212.136	4	53.034	109.807	.000
Lama_Paparan	56.117	3	18.706	38.731	.000
Intensitas * Lama_Paparan	20.012	12	1.668	3.453	.002
Error	19.319	40	.483		
Total	2326.448	60			

a. R Squared = .992 (Adjusted R Squared = .988)

Lampiran 4. Hasil Analisis Uji Lanjutan DMRT

a) Koloni bakteri

Data

Duncan^{a,b}

Intensitas	N	Subset				
		1	2	3	4	5
5	12	54.33				
4	12		85.67			
3	12			120.67		
2	12				131.00	
1	12					217.67
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 112.000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

b. Alpha = 0.05.

Data

Duncan^{a,b}

Lama_Paparan	N	Subset			
		1	2	3	4
4	15	105.07			
3	15		116.53		
2	15			128.80	
1	15				137.07
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 112.000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 15.000.

b. Alpha = 0.05.

Intensitas *Lama Paparan	N	Subset for alpha = 0.05											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
20	3	26.67											
19	3		48.00										
16	3		62.67	62.67									
18	3		65.33	65.33									
15	3			76.00	76.00								
17	3			77.33	77.33								
12	3				93.33	93.33							
14	3				93.33	93.33							
8	3					109.33	109.33						
13	3					110.67	110.67						
11	3						117.33	117.33					
7	3						121.33	121.33					
10	3							130.67	130.67				
6	3								141.33	141.33			
9	3								141.33	141.33			
5	3									152.00			
1	3										204.00		
2	3											213.33	
3	3												220.00
4	3												233.33
Sig.		1.000	.064	.129	.073	.073	.214	.153	.252	.252	.087	.131	

3.0	3	4.633	4.633						
4.0	3	4.633	4.633						
7.0	3	4.667	4.667	4.667					
9.0	3	4.667	4.667	4.667					
10.0	3	4.667	4.667	4.667					
8.0	3		4.733	4.733					
11.0	3			4.800	4.800				
14.0	3				4.900				
13.0	3				4.900				
17.0	3				4.900				
15.0	3					5.100			
12.0	3					5.100			
16.0	3						5.300		
18.0	3						5.333		
19.0	3							5.500	
20.0	3								5.733
Sig.		.079	.174	.065	.157	1.000	.601	1.000	1.000

c) Vitamin C

Data

Duncan^{a,b}

Intensitas	N	Subset				
		1	2	3	4	5
5	12	3.1250				
4	12		4.5133			
3	12			5.6975		
2	12				7.2933	
1	12					8.3742
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .483.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

b. Alpha = 0.05.

Data

Duncan^{a,b}

Lama_Paparan	N	Subset			
		1	2	3	4
4	15	4.5540			
3	15		5.2440		
2	15			6.3480	
1	15				7.0567
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .483.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 15.000.

b. Alpha = 0.05.

IntensitasXLama _Paparan	N	Subset for alpha = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
20	3	2.7733						
19	3	2.9867						
18	3	3.2967						
16	3	3.3433						
17	3	3.4433						
15	3	3.6533						
12	3	4.0033						
14	3		5.1633					
11	3		5.4100	5.4100				
13	3		5.8933	5.8933	5.8933			
10	3		5.9167	5.9167	5.9167			
4	3		6.1367	6.1367	6.1367			
8	3			6.5133	6.5133	6.5133		
3	3				7.0500	7.0500	7.0500	
7	3				7.1200	7.1200	7.1200	
9	3					7.4600	7.4600	
6	3					7.6000	7.6000	
5	3						7.9400	
2	3							9.7633
1	3							10.546
Sig.		.066	.134	.089	.063	.094	.170	.175

Lampiran 5. Hasil Analisis Uji Kurskal Wallis

a) Organoleptik Rasa

Test Statistics^{a,b}

	Perlakuan
Kruskal-Wallis H	41.641
df	6
Asymp. Sig.	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Rasa

b) Organoleptik Aroma

Test Statistics^{a,b}

	Perlakuan
Kruskal-Wallis H	26.605
df	5
Asymp. Sig.	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Aroma



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI FISIKA

Jl. Gajayana 50 Malang 65144 Telp/Fax : (0341) 558933
Website: <http://fisika.uin-malang.ac.id> e-mail: fis@uin-malang.ac.id

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Winda Aulia Dwiyantri
NIM : 18640007
Fakultas/Program Studi : Sains dan Teknologi/Fisika
Judul Skripsi : Pengaruh Pemaparan Sinar UV-C Terhadap
Pertumbuhan Bakteri *Listeria Monocytogenes*,
pH, Kadar Vitamin-C Dan Organoleptik Pada
Sari Buah Apel
Pembimbing I : Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes
Pembimbing II : Ahmad Luthfin, M.Si

• **Konsultasi Fisika**

No.	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	08 November 2021	Konsultasi BAB I	
2.	16 November 2021	Konsultasi BAB I dan BAB II	
3.	14 Maret 2022	Konsultasi Pemaparan Data	
4.	25 Maret 2022	Konsultasi Pemaparan Data	
5.	13 April 2022	Konsultasi BAB IV	
6.	18 April 2022	Konsultasi BAB IV	
7.	12 Mei 2022	Konsultasi BAB IV dan V	
8.	17 Mei 2022	Konsultasi Semua BAB (ACC)	
9.			
10.			

• **Konsultasi Integrasi**

No.	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	08 November 2021	Konsultasi Integrasi	
2.	15 November 2021	Konsultasi Integrasi	
3.	19 April 2022	Konsultasi Integrasi	

Malang, 18 April 2022

Mengetahui,
Ketua Program Studi

Dr. Arham Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002