

**1PENGARUH RADIASI SINAR UV-C TERHADAP TANAMAN SAWI
(*Brassica juncea L.*) YANG DIPAPARI BAKTERI *Erwinia carotovora***

SKRIPSI

Oleh:
NADEA HAYATUL NAZIRAH
NIM. 17640015



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

**PENGARUH RADIASI SINAR UV-C TERHADAP TANAMAN SAWI
(*Brassica juncea L.*) YANG DIPAPARI BAKTERI *Erwinia carotovora***

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:
Nadea Hayatul Nazirah
NIM. 17640015**

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

HALAMAN PERSETUJUAN

PENGARUH RADIASI SINAR UV-C TERHADAP TANAMAN SAWI
(*Brassica juncea L.*) YANG DIPAPARI BAKTERI *Erwinia carotovora*

SKRIPSI

Oleh:
Nadea Hayatul Nazirah
NIM. 17640015

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada Tanggal, 15 Juli 2022

Dosen Pembimbing I



Dr. H. M. Tirono, M.Si
NIP. 19641211 199111 1 001

Dosen Pembimbing II



Dr. Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009



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

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH RADIASI SINAR UV-C TERHADAP TANAMAN SAWI
(*Brassica juncea L.*) YANG DIPAPARI BAKTERI *Erwinia carotovora*

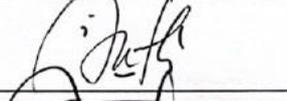
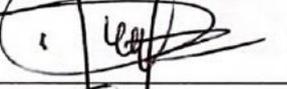
SKRIPSI

Oleh:

Nadea Hayatul Nazirah

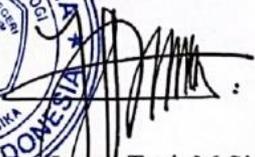
NIM. 17640015

Telah Diperiksa di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal, 01 September Oktober 2022

Ketua	<u>Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes</u> NIP. 19750808 199903 1 003	
Anggota I	<u>Muthmainnah, M.Si</u> NIP. 19860325 201903 2 009	
Anggota II	<u>Dr. H. M Tirono, M.Si</u> NIP. 19641211 199111 1 001	
Anggota III	<u>Dr. Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	



Mengesahkan,
Ketua Program Studi


Dr. Imam Tazi, M.Si

NIP. 19740730 200312 1 00

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nadea Hayatul Nazirah

NIM : 17640015

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Pengaruh Radiasi Sinar UV-C Terhadap Tanaman Sawi
(*Brassica juncea L.*) yang Dipapari Bakteri *Erwinia carotovora*.

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan atau daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Malang, 4 Agustus 2022

Yang Membuat Pernyataan



Nadea Hayatul Nazirah

NIM. 17640015

MOTTO

JADILAH BAIK DAN BERMANFAAT DIMANAPUN

HALAMAN PERSEMBAHAN

Syukur Alhamdulillah aku munajatkan kepada Allah SWT

Sholawat serta salam kepada Baginda Rasulullah SAW

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

Keluarga tercintaku

Bapak, Ibu dan Adikku

Keluarga besar bapak ibu dan saudara-saudara

Seluruh Civitas akademik Jurusan Fisika UIN Malang

Teman-teman Fisika 2017

Keluarga besar RTMI Daarul Quran Malang

**Terimakasih atas doa, dukungan, kasih sayang dan bantuannya yang telah
kalian berikan kepadaku**

KATA PENGANTAR

Segala puji atas kebesaran Allah yang telah menciptakan alam semesta dalam suatu keteraturan dan juga sejuta rasa syukur atas kehadiran Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis diberikan kesempatan dan kesehatan, dapat mengerjakan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Radiasi Sinar UV-C Terhadap Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) yang Dipapari Bakteri *Erwinia carotovora*”** dengan baik. Shalawat serta salam semoga tercurah kepda baginda Nabi Muhammad SAW, yang diutus ke permukaan bumi ini untuk menyempurnakan akhlaq manusia, menuntun umat dari zaman jahiliyah menuju zaman yang penuh cahaya, yaitu Ad-Dinnul Islam.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak dapat berjalan dengan lancar dan tersusun dengan baik tanpa bantuan dari berbagai pihak yang terkait. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan ini. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof Dr. H. M. Zainuddin, M.A 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 Ibrhaim Malang.
3. Dr. Imam Tazi, M.Si., selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Drs. Mokhammad Tirono, M.Si., selaku dosen pembimbing utama yang selalu sabar dalam memberikan bimbingan, pengarahan, saran dan motivasi dalam penulisan skripsi.
5. Dr. Erna Hastuti, M.Si., selaku dosen pembimbing integrasi yang selalu

sabar dan telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan kepada penulis.

6. Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes selaku dosen Biofisika yang telah memberi banyak saran-saran kepada penulis untuk penulisan skripsi ini
7. Seluruh dosen Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah berkenan mendidik dan membimbing penulis.
8. Staff administrasi serta laboran yang membantu meperlancar skripsi.
9. Kedua orang tua, Bapak Drs. Saiful Asrori dan Ibu Yayuk Suharti, S.Pd., yang telah mendukung sepenuhnya dan senantiasa pendoakan penulis.
10. Adik penulis, serta seluruh keluarga yang selalu memberi dukungan kepada penulis
11. Teman-teman fisika Angkatan 2017 yang telah senantiasa memberikan banyak dukungan dan bantuan. Khususnya Deshinta, Afida, Ela, Alfu, Dina, dan Isya.
12. Seluruh keluarga besar RTMI Daarul Quran, tempat saya tinggal selama di Malang. Khususnya Ustadz Ahmad Nazili, dan Ustadzah Aliyah Arika Fatin.
13. Terimakasih kepada seluruh pihak yang senantiasa mendoakan dan mendukung penulis, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Malang, 5 Agustus 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
مستخلص البحث	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat	5
1.5 Batasan Masalah	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Cahaya Ultraviolet	7
2.1.1. Pengertian Sinar Ultraviolet	7
2.1.2 Intensitas Cahaya Ultraviolet	8
2.2 Cahaya Ultraviolet – C (UV - C)	9
2.2.1 Pengertian Sinar Ultraviolet – C (UV-C)	9
2.2.2 Interaksi Sinar UV-C terhadap Pertumbuhan Tanaman	10
2.2.3 Interaksi Sinar UV-C terhadap Inaktivasi Bakteri	11
2.3 Tanaman Sawi (<i>Brassica juncea L.</i>)	16
2.3.1 Morfologi Tanaman Sawi (<i>Brassica juncea L.</i>)	17
2.3.2 Varietas Tanaman Sawi	18
2.4 Bakteri <i>Erwinia caratovora</i> Penyebab Penyakit Busuk Lunak pada Tanaman Sawi	19
BAB III METODOLOGI	24
3.1 Jenis Penelitian	24
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.3 Alat dan Bahan	25
3.4 Diagram Alir	26
3.5 Prosedur Penelitian	27
3.5.1 Pemilihan dan Penanaman Bibit Tanaman Sawi	27
3.5.2 Pemaparan Lampu UV-C terhadap Tanamaan Sawi	28
3.5.3 Pembuatan Media Bakteri NA (Nutrient Agar)	28

3.5.4 Perbanyak Isolat Bakteri.....	29
3.5.5 Inokulasi Bakteri <i>Erwinia carotovora</i> pada tanaman sawi	29
3.6 Pengambilan Data	30
3.7 Analisis Data.....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Data Hasil Penelitian.....	34
4.1.1 Pengaruh Intensitas Lampu UV-C terhadap Morfologi Tanaman Sawi ...	34
4.1.2 Persentase Jumlah Daun Busuk Tanaman Sawi yang Terpapar Bakteri <i>Erwinia carotovora</i> dari Keseluruhan Daun.....	38
4.1.3 Pengaruh Intensitas Lampu UV-C terhadap Pembusukan Daun Sawi Setelah Dipapari Bakteri <i>Erwinia carotovora</i>	40
4.1.4 Pengaruh Intensitas Lampu UV-C terhadap Kandungan Klorofil Daun Sawi yang Dipapari Bakteri <i>Erwinia carotovora</i>	43
4.2 Pembahasan	47
4.3 Integritas Penelitian dalam Al-Quran.....	51
BAB V PENUTUP	55
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 1 Struktur DNA yang pecah karena terpapar sinar UV (Koutctama <i>et al.</i> , 2009).....	13
Gambar 2 2 Mekanisme sinar UV-C dalam merusak struktur DNA (Can Wang <i>et al.</i> , 2019).....	14
Gambar 2 3 Tanaman Sawi (Agraris, Aksi Kasinus (AAK), 1999)16	
Gambar 2 4 Bakteri <i>Erwinia Carotovora</i> (Anonymous, 2020).....	20
Gambar 2 5 Penyakit busuk lunak pada tanamansawi yang disebabkan oleh bakteri <i>Erwinia carotovora</i> (Liz Baessler, 2021)	21
Gambar 3 1 Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 4 1 Grafik pengaruh intensitas lampu UV-C terhadap tinggi tanaman sawi	36
Gambar 4 2 Grafik intensitas lampu UV-C terhadap berat segar tanaman sawi saat panen.....	38
Gambar 4 3 Grafik pengaruh intensitas lampu UV-C terhadap pertumbuhan daun busuk tanaman sawi yang diinfeksi bakteri <i>Erwinia carotovora</i> ...	40
Gambar 4 4 Pengaruh intensitas lampu UV-C dalam menghambat pembusukan daun sawi setelah dipapari bakteri <i>Erwinia carotovora</i>	43
Gambar 4 5 Grafik pengaruh intensitas lampu UV-C terhadap kadar klorofil daun sawi yang diinfeksi baketeri <i>Erwinia carotovora</i>	46

DAFTAR TABEL

Tabel 3 1 Tinggi batang tanaman sawi	30
Tabel 3 2 Jumlah daun busuk pada tanaman sawi setelah diinfeksi bakteri	32
Tabel 3 3 Berat segar tanaman sawi saat panen	31
Tabel 3 4 Kadar klorofil pada daun sawi.	32
Tabel 4 1 Pengaruh intensitas paparan lampu UV-C terhadap tinggi tanaman sawi	35
Tabel 4 2 Data berat segar tanaman sawi.....	37
Tabel 4 3 Pengaruh intensitas UV-C terhadap pertumbuhan daun busuk pada tanaman sawi yang dipapari bakteri <i>Erwinia carotovora</i>	39
Tabel 4 4 Pengaruh intensitas lampu UV-C dalam menghambat pembusukan daun sawi setelah dipapari bakteri <i>Erwinia carotovora</i>	41
Tabel 4 5 Nilai absorbansi ekstraksi daun sawi yang dipapari bakteri <i>Erwinia carotovora</i>	44
Tabel 4 6 Data kadar klorofil a dan klorofil b daun sawi	45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Tabel Perhitungan Tinggi Tanaman	81
Lampiran II Tabel Perhitungan Berat Segar Tanaman	84
Lampiran III Tabel Persentase Daun Busuk Tanaman	85
Lampiran IV Tabel Klorofil a dan b	86

ABSTRAK

Nazirah, Nadea Hayatul 2022. Pengaruh Radiasi Sinar UV-C Terhadap Tanaman Sawi (*Brassica juncae L.*) yang Dipapari Bakteri *Erwinia carotovora*. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang. Pembimbing: (I) Dr. H. M. Tirono, M.Si. (II) Dr. Erna Hastuti, M.Si.

Kata kunci: Tanaman Sawi, *Erwinia carotovora*, UV-C

Kebutuhan produksi tanaman sawi seringkali mengalami kendala dikarenakan hama maupun bakteri yang menyerang tanaman sawi. Pengendalian hama dan bakteri yang menyerang tanaman sawi dapat diminimalisir dengan pemaparan tanaman dengan UV-C. Pemaparan UV-C pada tanaman sawi dengan intensitas yang sesuai dapat menghambat pertumbuhan hama, bakteri, jamur, dll yang menyerang tanaman sawi. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh intensitas paparan UV-C terhadap pertahanan tanaman sawi dalam menghambat pembusukan daun sawi yang dipapari bakteri *Erwinia carotovora* dan pertumbuhan morfologi tanaman sawi. Penelitian ini dilakukan dengan pemaparan lampu UV-C terhadap tanaman sawi saat tanaman berusia 14 Hari Setelah Tanam (HST). Pemaparan dilakukan setiap 1 minggu sekalidengan waktu 2 menit, dan intensitas pemaparan 5 lux, 10 lux, 15 lux, 20 lux dan 25 lux. Saat tanaman berusia 30 hari, tanaman sawi dipapari dengan bakteri *Erwinia carotovora*. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa intensitas paparan lampu UV-C mempengaruhi tanaman sawi. Tanaman sawi dengan tinggi maksimum terjadi saat tanaman dengan lampu UV-C intensitas 25 lux dengan tinggi tanaman 27.34 ± 2.741 cm. Berat segar tanaman tanaman sawi tertinggi yaitu saat tanaman dipapari dengan lampu UV-C intensitas 25 lux, dengan berat tanaman 18.648 ± 2.066 gram. Persentase pembusukan daun terendah yaitu 5% terjadi saat tanaman dipapari dengan intensitas 25 lux, dan persentase pembusukan daun tertinggi saat tanaman tidak dipapari dengan lampu UV-C sama sekali, yaitu 22%.

ABSTRACT

Nazirah, Nadea Hayatul 2022. **Effect of UV-C Radiation on Mustard Plants (*Brassica juncae L.*) Exposed to the Bacteria *Erwinia carotovora*.** Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Advisor: (I) Dr. H. M. Tirono, M.Si. (II) Dr. Erna Hastuti, M.Si.

Keyword: Mustard Plant, *Erwinia carotovora*, UV-C

The production needs of mustard plants often experience problems due to infection and bacteria that attack mustard plants. Control of infection and bacteria that attack mustard plants can be minimized by exposing plants to UV-C. Exposure to UV-C on mustard plants with an appropriate intensity can inhibit the growth of infection, bacteria, fungi, etc. that attack mustard plants. The purpose of this study was to determine the effect of UV-C exposure intensity on the defense of mustard plants in inhibiting leaf decay inoculated with *Erwinia carotovora* bacteria and the morphological growth of mustard plants. This research was conducted by exposure to UV-C lamp on mustard plants when the plants were 14DAP. Exposure is carried out once a week with a time of 2 minutes, and the intensity of exposure is 5 lux, 10 lux, 15 lux, 20 lux and 25 lux. When the plants were 30 days old, the mustard plants were inoculated with *Erwinia carotovora* bacteria. The results of the study showed that the intensity of exposure to UV-C lamps affected the morphological growth of mustard plants. Plants with the highest height and fresh weight were exposed to an intensity of 25 lux with a plant height of 27.34 ± 2.741 cm and a plant fresh weight of 18.648 ± 2.066 grams. The lowest percentage of leaf decay of 5% occurred when the plants were exposed to an intensity of 25 lux, and the highest percentage of leaf decay when plants were not exposed to UV-C lamp at all, which was 22%.

مستخلص البحث

نازيرة، ناديا حياة ٢٠٠٢. تأثير الأشعة فوق UV-C على نباتات الخردل (*Brassica juncea L.*) المعرضة لبكتيريا *Erwinia carotovora*. فرضية. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الدولة الإسلامية، مالانج. المشرف: (I) الدكتور الحج محمد طيرونو الماجستير (II) الدكتور إرنا هاستوتي الماجستير.

الكلمات المفتاحية : نباتات الخردل، UV-C, *Erwinia carotovora*

غالبًا ما تواجه احتياجات إنتاج نباتات الخردل مشاكل بسبب الآفات والبكتيريا التي تهاجم نباتات الخردل. يمكن الحد من مكافحة الآفات والبكتيريا التي تهاجم نباتات الخردل عن طريق تعريض النباتات للأشعة فوق البنفسجية - ج. يمكن أن يؤدي التعرض للأشعة فوق البنفسجية - ج على نباتات الخردل بكثافة مناسبة إلى منع نمو الآفات والبكتيريا والفطريات وما إلى ذلك التي تهاجم نباتات الخردل. الغرض من هذه الدراسة هو تحديد تأثير شدة التعرض للأشعة فوق البنفسجية UV-C على دفاع نبات الخردل في تثبيط والنمو المورفولوجي لنبات الخردل. تم *Erwinia carotovora* تسوس أوراق الخردل المعرضة لبكتيريا على نباتات الخردل عندما كانت النباتات 14 يتم UV-C إجراء هذا البحث عن طريق التعرض لمصباح التعرض مرة واحدة في الأسبوع لمدة دقيقتين، وتكون شدة التعرض 5 لوكس و 10 لوكس و 15 لوكس و *Erwinia carotovora* 20 لوكس و 25. عندما كان عمر النباتات 30 يومًا، تعرضت نباتات الخردل لبكتيريا *Erwinia carotovora* UV-C أظهرت نتائج الدراسة أن شدة التعرض لمصابيح *Erwinia carotovora* لنبات الخردل. تعرضت النباتات ذات الطول الأعلى والوزن الطازج إلى كثافة 25 لوكس بارتفاع نبات 2.741 ± 27.34 سم ووزن نبتة طازجة 18.648 ± 2.066 جرام. أقل نسبة من تسوس الأوراق كانت 5% عندما تعرضت النباتات لشدة 25 لوكس، وأعلى نسبة من تسوس الأوراق عندما لم تتعرض النباتات على الإطلاق، والتي كانت 22% UV-C لمصباح

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sawi atau dalam bahasa latinnya *Brassica juncea L* adalah salah satu sayuran yang digemari oleh masyarakat Indonesia dari semua golongan. Tanaman sawi merupakan tanaman hortikultura atau tanaman semusim. Tanaman sawi juga mudah tumbuh didataran rendah ataupun dataran tinggi. Tanaman sawi diduga berasal dari Tiongkok (Cina) yang telah dibudidayakan sekitar 2500 tahun lalu, kemudian menyebar ke berbagai belahan dunia (Rukmana, 2002).

Sawi merupakan salah satu sayuran yang memiliki kadar nutrisi lengkap. Dalam 100g tanaman sawi terkandung beberapa gizi, yaitu vitamin A 0,09 mg, vitamin B 102 mg, dan vitamin C. Selain kandungan vitamin sawi juga mengandung karbohidrat 4,0 g, protein 2,3 g, lemak 0,3 g, Fe 2,9 g, Ca 220 mg, dan P 38 g (Haryanto, 2007).

Kebutuhan konsumsi sayuran yang terus meningkat di Indonesia, membuat produksi sawi juga mengalami peningkatan. Data dari Badan Pusat Statistik Indonesia (2020) menunjukkan bahwa produksi tanaman sawi Indonesia pada tahun 2015 – 2019 yaitu 600.200 ton (2015), 601.204 ton (2016), 627.598 ton (2017), 635.990 ton (2018), dan 652 727 ton (2019). Selain itu, produksi tanaman sawi paling banyak terdapat di Pulau Jawa yang menyumbang sekitar 55% dari keseluruhan total produksi (BPS, 2020). Kebutuhan produksi tanaman sawi seringkali mengalami kendala karena banyaknya hama maupun bakteri yang menyerang tanaman sawi saat akan panen maupun pasca panen. Salah satu bakteri

Bakteri ini menyebabkan penyakit busuk lunak pada tanaman sawi. Serangan bakteri *Erwinia carotovora* paling rentan saat tanaman dalam kondisi yang lembab. Gejala awal penyakit busuk lunak pada tanaman sawi ditandai dengan beberapa bagian pada tanaman yang terlihat basah dan membusuk. Semakin lama, bercak basah pada tanaman menjadi berwarna coklat dan kehitaman serta dapat meluas ke bagian dalam jaringan tanaman (Romi, 2016). Pada dasarnya petani menggunakan pestisida untuk membunuh bakteri maupun hama pada tanaman.

Seiring berjalannya waktu, banyak penelitian menunjukkan bahwa penggunaan pestisida dalam jangka panjang berdampak negatif untuk tanaman maupun lingkungan. Selain itu, pestisida juga dapat berbahaya untuk organ tubuh manusia jika dikonsumsi dalam jangka panjang. Dampak buruk yang ditimbulkan dari pestisida dalam jangka panjang antara lain yaitu, gangguan saluran nafas, keracunan, gangguan fungsi hati dan ginjal, serta kanker (Tuhumury, 2012).

Dalam islam manusia diperintahkan untuk selalu mengkonsumsi makanan yang baik dan halal yang terdapat di bumiNya. Berdasarkan hal itu, salah satu usaha yang dapat dilakukan yaitu menjauhi makanan yang tidak halal dan membahayakan untuk tubuh, termasuk makanan yang mengandung pestisida. Hal ini sesuai dengan firman Allah QS. Al-Baqarah (2:168):

يَا أَيُّهَا النَّاسُ كُلُوا مِمَّا فِي أَرْضٍ حَلَالًا طَيِّبًا وَلَا تَتَّبِعُوا خُطُواتِ الشَّيْطَانِ إِنَّهُ لَكُمْ
عَدُوٌّ مُّبِينٌ (١٦٨)

Artinya: “Wahai Manusia! Makanlah dari (makanan) yang halal dan baik yang terdapat di bumi dan janganlah kamu mengikuti langkah-langkah setan. Sungguh, setan itu musuh nyata bagimu”

Dalam kitab Tafsir Al-Wasit, dijelaskan bahwa makna dasar dari kata حلال ini adalah keluar/terbebas. Maksudnya yaitu makanan tersebut keluar/terbebas dari segala keharamannya. Sedangkan lafadz طيبا secara Bahasa bermakna baik.

Disifatinya kata *حلالا* dengan kata *طيبا* yang berarti makanan tersebut tidak haram dan tidak cenderung kotor. Dari ayat ini jelas perintah untuk memakan makanan yang halal dan bersih/sehat, dan dilarang pula memakan makanan yang buruk atau tidak sehat walaupun sebenarnya halal (Az-Zuhaili, 2011).

Melalui ayat diatas dapat dipahami bahwa Allah mengajarkan untuk mengkonsumsi makanan yang halal dan yang baik. Mengkonsumsi makanan yang halal saja tidak cukup, tetapi juga harus memperhatikan kebersihan dan kandungan makanan tersebut agar tidak mempunyai dampak buruk untuk tubuh maupun akal manusia. Salah satu cara untuk mengkonsumsi makanan yang halal dan baik yaitu dengan memakan sayur-sayuran maupun buah-buahan yang terbebas dari pestisida dikarenakan kandungan kimia pada pestisida yang dapat merusak organ tubuh.

Semakin sadarnya masyarakat akan bahaya penggunaan pestisida dalam jangka panjang, banyak alternatif pembasmi hama dan bakteri banyak dikembangkan di negara-negara maju secara intensif. Alternatif yang dapat digunakan untuk membasmi hama tanaman selain pestisida yaitu dengan menggunakan sinar ultraviolet. Radiasi sinar ultraviolet mempunyai kemampuan melakukan penetrasi ke dinding sel mikroorganisme dan mengubah komposisi asam nukleat mikroorganisme. DNA dan RNA beberapa virus dan bakteri dapat diabsorpsi dengan radiasi ultraviolet yang dapat menyebabkan mikroorganisme tersebut tidak mampu melakukan replika akibat pembentukan ikatan rangkap dua molekul-molekul pirimidin. Sinar ultraviolet yang paling baik dalam menginaktivasi bakteri yaitu sinar dengan panjang gelombang 240 – 280 nm, atau dalam hal ini yaitu radiasi UV-C (Dutra *et al.*, 2004).

Sinar UV-C adalah sinar yang mempunyai energi tertinggi dengan radiasi panjang gelombang dari sinar UV-C yaitu < 280 nm. Prinsip kerja sinar UV-C dalam menginaktivasi bakteri yaitu pancaran sinar yang mengenai bakteri akan membuat bakteri mengalami absorpsi dan mengalami eksitasi sehingga bakteri mengalami dua keadaan, yaitu keadaan singlet dan triplet, kemudian bakteri akan mengalami proses fotokimia. Penggunaan UV-C dalam menginaktivasi bakteri pernah dilakukan oleh T. Ariyadi dan Sintadewi (2009) tentang “Pengaruh Sinar Ultraviolet Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Bacillus sp.* Sebagai Bakteri Kontamin”. Bakteri *Bacillus sp.* diberikan paparan sinar UV 38 Watt dengan jarak 45 cm, selama 1 menit, 5 menit, 10 menit dan 15 menit. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa paparan sinar UV selama 10 menit dan 15 menit dapat membunuh bakteri 100% sehingga tidak ada koloni yang tumbuh.

Penelitian lain dilakukan oleh Hilariòn Vàsquez *et al* (2017) yang melakukan percobaan dengan memberikan radiasi sinar UV-C 254 nm dengan jarak 30 cm terhadap tanaman selada yang berusia 4 minggu dengan lama waktu radiasi 1 menit setiap dua hari sekali selama satu minggu. Hasil penelitian menunjukkan paparan radiasi ini berhasil untuk menekan pertumbuhan *Botrytis cinerea* penyebab penyakit layu pada tanaman selada (Hilariòn Vàsquez *et al.*, 2017).

Pada penelitian ini paparan radiasi dari UV-C (254 nm) digunakan untuk membunuh bakteri *Erwinia carotovora* penyebab layu busuk pada tanaman sawi. Waktu paparan radiasi disamakan dan intensitas cahaya divariasikan dengan 5 variasi berbeda. Pemaparan lampu UV-C terhadap tanaman dilakukan mulai dari tanaman berusia 14 hari hingga tanaman berusia 4 minggu. Setelah tanaman berusia 4 minggu tanaman diinfeksi dengan bakteri *Erwinia carotovora* dan

diamati perkembangan tanaman setelah diinfeksi. Tanaman sawi yang digunakan sebagai sampel yaitu menggunakan bibit sawi variates Tosakan F1.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi paparan lampu UV-C terhadap tinggi tanaman, berat segar tanaman, dan kadar klorofil daun sawi yang dipapari bakteri *Erwinia carotovora*?
2. Bagaimana pengaruh variasi paparan lampu UV-C terhadap persentase daun busuk tanaman sawi yang dipapari bakteri *Erwinia carotovora*?

1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi paparan lampu UV-C terhadap tinggi tanaman, berat segar tanaman, dan kadar klorofil daun sawi yang dipapari bakteri *Erwinia carotovora*.
2. Untuk mengetahui variasi paparan lampu UV-C terhadap persentase daun busuk tanaman sawi yang dipapari bakteri *Erwinia carotovora*.

1.4 Manfaat

1. Dapat memberikan informasi tentang intensitas lampu UV-C yang efektif untuk mengurangi pembusukan daun sawi diakibatkan paparan bakteri *Erwinia C*
2. Dapat diaplikasikan dalam bahan alternatif pengganti pestisida yang dapat membunuh bakteri maupun hama pada tanaman.

1.5 Batasan Masalah

1. Bakteri yang digunakan yaitu bakteri *Erwinia carotovora* penyebab busuk lunak pada tanaman sawi yang telah dibiakkan.
2. Benih tanaman sawi yang digunakan yaitu benih tanaman sawi variates Tosakan F1
3. Ultraviolet-C yang digunakan untuk memberi paparan pada tanaman sawi mempunyai panjang gelombang 254 nm.
4. Intensitas pemaparan 5, 10, 15, 20 dan 25 lux
5. Pemaparan dilakukan saat tanaman berusia 14 hari setelah tanaman setiap 1 minggu sekali selama 2 menit
6. Inokulasi bakteri terhadap tanaman dilakukan saat tanaman berusia 30 hari
7. Pengukuran: menghitung tinggi tanaman sawi, jumlah daun tanaman sawi, berat segar tanaman sawi, kadar klorofil tanaman sawi, jumlah batang dan daun sawi yang busuk setelah diinokulasi bakteri *Erwinia carotovora*

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sinar Ultraviolet

2.1.1 Pengertian Sinar Ultraviolet

Sinar Ultraviolet adalah bagian dari spektrum elektromagnetik yang tidak membutuhkan medium untuk merambat. Panjang gelombang sinar ultraviolet antara 100 – 400 nm yang berada diantara spectrum sinar-X dan cahaya tampak (USEPA, 1999). Spektrum sinar Ultraviolet dibagi menjadi tiga, yaitu: ultraviolet A dengan panjang gelombang 315 – 400 nm, ultraviolet-B dengan panjang gelombang 280 – 315, dan ultraviolet-C dengan panjang gelombang 100 – 280 nm (Dutra *et al.*, 2004).

Sebagian besar sinar UV yang mencapai bumi adalah UV-A (90 – 99%) dan UV-B sekitar 1 – 10%, untuk UV-C diabsorpsi oleh lapisan ozon. Untuk kanker kulit dan luka bakar pada seseorang (*sunburn*) biasanya disebabkan oleh UV-B, sedangkan UV-A berperan untuk fotosensivitas dan kulit menjadi hitam. Sinar UV bisa dihasilkan melalui proses fisik yang berbeda (Bintsis *et al.*, 2000):

- a. Dengan eksitasi listrik atau optik dari bahan semikonduktor
- b. Dengan eksitasi listrik atau optik gas xenon atau uap merkuri
- c. Atau yang tidak terlalu sering dengan memanaskan bahan sampai lampu pijar

Sinar Ultraviolet merupakan bagian dari gelombang elektromagnetik. Dimana perambatannya berupa energi elektromagnetik yang dipengaruhi oleh medan magnet dan medan listrik yang berubah terhadap waktu. Gelombang

elektromagnetik merambat secara tegak lurus terhadap arah rambatnya (Hilariòn Vàsquez *et al.*, 2017).

Dalam kegunaannya, cahaya Ultraviolet sering digunakan untuk keperluan medis, penelitian genetika ataupun sterilisasi karena kemampuannya dalam membunuh bakteri. Kelemahan dari ultraviolet yaitu tidak memiliki cukup energi untuk menginduksi ionisasi seperti sinar-X, namun meskipun begitu radiasi ultraviolet mempunyai kemampuan mutagen dan pada dosis yang tinggi juga dapat membunuh sel (Bintsis *et al.*, 2000).

2.1.2 Intensitas Cahaya Ultraviolet

Intensitas cahaya merupakan suatu besaran pokok yang mengukur daya pancar dari sumber cahaya menuju sudut tertentu. Intensitas cahaya mempunyai satuan candela (cd). Cahaya merupakan gelombang elektromagnetik yang mempunyai panjang gelombang $4 \cdot 10^{-7} - 8 \cdot 10^{-7}$ meter. Hubungan antara gelombang dan frekuensi gelombang elektromagnetik dirumuskan (Chris, 2019):

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

(2.1) Dimana:

λ = Panjang gelombang

c = Kecepatan cahaya

f = Frekuensi (banyaknya gelombang yang dihasilkan setiap detik)

Secara umum, persamaan intensitas pada gelombang elektromagnetik dituliskan (Peatros dan Michael, 2008):

$$I = \frac{n\epsilon_0 c}{2} E_0 \cdot E_0^* = \frac{n\epsilon_0 c}{2} (|E_{0x}|^2 + |E_{0y}|^2 + |E_{0z}|^2) \quad (2.2)$$

Dimana:

I = Intensitas Cahaya (W/cm^2)

n = indeks bias

ϵ_0 = Permeabilitas (F/m)

c = cepat rambat cahaya ($3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

persamaan ini didapatkan dari intensitas medan magnetik dan intensitas medan listrik yang saling tegak lurus. Sehingga besar arah gelombang magnetik mempunyai persamaan (Chris, 2019):

$$S = E \frac{B}{\mu_0} \quad (2.3)$$

$$E = \frac{1}{2} [E_0 e^{i(k.r-\omega t)} + E_0^* e^{-i(k.r-\omega t)}] \quad (2.4)$$

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

(2.5)Dimana:

S = Laju energi persatuan luas (W/m^2)

X = Permeabilitas ($4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb}/\text{m}^2$)

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)

2.2 Sinar Ultraviolet-C (UV-C)

2.2.1 Pengertian Sinar Ultraviolet – C (UV-C)

Sinar ultraviolet dibagi menjadi 3, dimana salah satunya yaitu sinar UV-C. Sinar UV-C mempunyai panjang gelombang 100 – 280 nm. Sinar UV-C berbentuk iluminasi berdurasi pendek, umumnya diyakini membawa sebagian besar disinfektan dan bisa dibilang mempunyai banyak efek biologis terhadap

pertumbuhan tanaman. Jenis iluminasi dari sinar UV-C ini memungkinkan pencahayaan yang pendek dan terkontrol dengan baik dalam perawatan tanaman, sehingga sering digunakan untuk perawatan tanaman pra panen maupun pasca panen (Can Wang *et al.*, 2019).

Sinar UV-C dapat dihasilkan dengan berbagai jenis lampu yaitu, *Light Emitting Diodes* (LEDs), lampu uap merkuri bertekanan rendah dan lampu xenon. Teknologi yang digunakan sangat mempengaruhi emisi spektrum dan kerapatan daya optik (W.m^{-2}). Selain itu, sinar UV-C juga sangat dipengaruhi oleh jarak antara lampu dan permukaan tumbuhan atau organ tumbuhan yang akan dilakukan percobaan. Dosis (J.m^{-2}) diperoleh sebagai kepadatan daya optik yang dikalikan dengan waktu pemaparan (Urban L *et al.*, 2018).

2.2.2 Interaksi Sinar UV-C terhadap Pertumbuhan Tanaman

Perawatan tanaman sebelum maupun sesudah panen dengan radasi UV-C telah banyak digunakan. Tujuannya yaitu untuk sterilisasi di bidang kesehatan, mikrobiologi, dan pengolahan pangan karena sifatnya yang germisidal. UV-C dosis rendah diketahui menyebabkan respons yang bermanfaat dalam sistem biologis dan khususnya pada jaringan tanaman, dimana konsepnya yang mendasari strategi tersebut dikenal sebagai hormesis (Ribeiro *et al.*, 2012).

Pemaparan UV-C terhadap tanaman dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara *invitro* dan *invivo*. Absorpsi sinar UV-C oleh tanaman mempengaruhi produksi bahan kultur jaringan tanaman. Pemaparan UV-C meningkatkan aktivitas katalase pada tanaman, mengaktifkan pertahanan tanaman terhadap stres oksidatif, dan meningkatkan aktivitas *fenilalanin ammonia liase* (PAL). Tanaman yang dipapari dengan UV-C dosis rendah

mampu menginduksi respon metabolik dengan meningkatkan sensitasi metabolisme sekunder tanaman sehingga resistensi tanaman terhadap mikroorganisme menjadi lebih tinggi dibanding dengan tanaman yang tidak dipapari oleh sinar UV-C (Vasquez *et al*, 2017).

Perawatan pasca panen UV-C untuk buah dan sayuran telah terbukti efektif dalam menunda pematangan dan penuaan, mengurangi pembusukan, dan bahkan dalam meningkatkan kesehatan senyawa tanaman sekunder pada buah dan sayuran. Sinar UV-C juga bertindak sebagai elisitor fisik abiotik yang mengarah pada stimulasi cepat dari sintesis metabolis tumbuhan sekunder, seperti vitamin, karotenoid, flavonoid, dan asam fenolik. Studi tentang peningkatan UV-C yang dimediasi dalam metabolit sekunder dan potensi antioksidan telah dibuktikan untuk berbagai sayuran seperti merah kubis (*Brassica oleracea var. capitata f. rubra*), brokoli (*Brassica oleracea L. var. italica*), kangkung cina (*Brassica oleracea var. alboglabra*), tatsoi (*Brassica rapa L. var. Rosularis*), dan bayam (*Spinacia oleracea L.*). Radiasi UV-C berpotensi menghadirkan beberapa keuntungan bagi industri penghasil makanan karena tidak meninggalkan residu pada produk, tidak memiliki batasan hukum, dan tidak memerlukan peralatan yang rumit (E. O. Gogo *at el*, 2018).

2.2.3 Interaksi Sinar UV-C terhadap Inaktivasi Bakteri

Sinar UV-C adalah salah satu pembunuh mikroba yang sangat kuat. Energi yang dibawa oleh sinar UV-C mudah diserap oleh partikel yang dapat menimbulkan gangguan pada organisme hidup, hingga menyebabkan kerusakan DNA dan RNA. Sensitivitas UV akan lebih tinggi saat keadaan kelembaban yang juga lebih tinggi. Selain spesies mikroorganisme dan kelembaban relatif,

panjang gelombang UV juga merupakan parameter penting yang menentukan efisiensi inaktivasi UV daribakteri. Efektivitas inaktivasi maksimum biasanya terjadi pada dengan panjang gelombang sekitar 254 nm (UV-C) (Koutctama *et al.*, 2009)

Pancaran sinar UV-C menyebabkan partikel atau organisme terabsorpsi. Absorpsi foton oleh jaringan menyebabkan jarak antar muatan menjadi terkuantisasi. Komponen yang diserap oleh jaringan yaitu *deoxyribonucleic acid* (DNA) dan *ribonucleic acid* (RNA) (Steiner, 2011). Sama halnya jika sinar laser dipancarkan terhadap penyerap setebal x , maka intensitasnya dapat berkurang dengan bertambahnya ketebalan penyerap secara eksponensial.

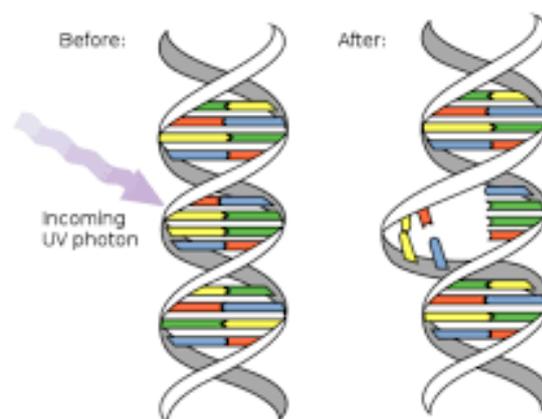
Proses metabolisme jaringan atau sel dipengaruhi oleh besar kecilnya energi foton yang diterima selama proses absorpsi. Pengaruh yang ditimbulkan bergantung pada intensitas energi foton dan waktu penyinaran yang diterima oleh sel dan jaringan (Wardle, 2009).

Ada tiga tahapan aktif selama proses pemaparan mikroorganisme oleh sinar UV-C, tahapan ini yaitu:

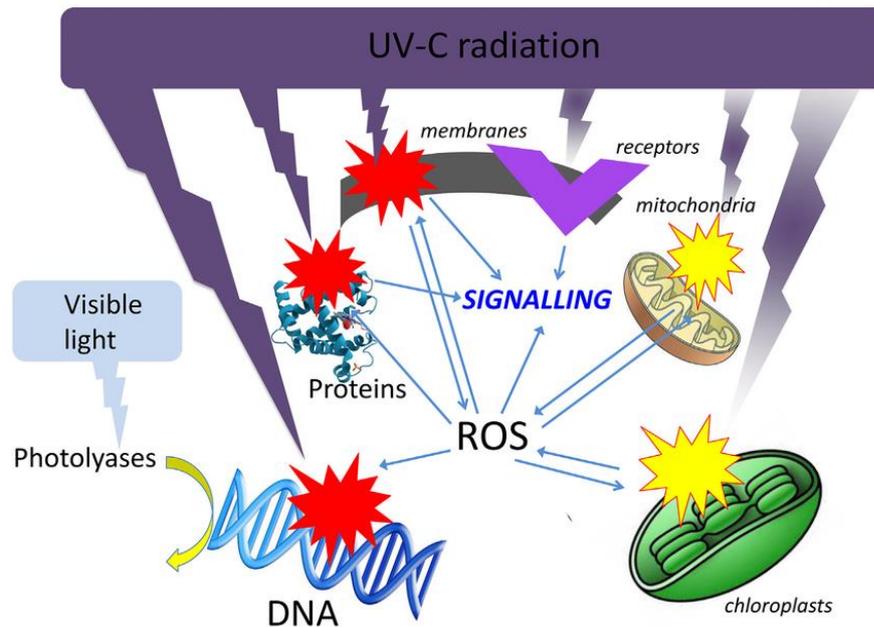
- a. Tahapan fotofisika. Tahapan ini dimulai dengan molekul pofirin yang mengabsorpsi foton cahaya. Proses ini hanya membutuhkan waktu 10 – 5 detik (Grossweiner, 2005).
- b. Tahapan fotokimia. Tahapan ini merubah energi dan struktur elektron dikarenakan eksitasi molekul sesudah proses absorpsi.
- c. Tahapan fotobiologi. Tahapan ini menyebabkan sel berubah

Proses pada tahapan fotofisika dan fotokimia menyebabkan kemunculan berbagai bentuk oksigen reaktif yang dapat berdampak pada proses fotoinaktivasi bakteri pada mikroorganisme oleh cahaya. Fotoinaktivasi mikroorganisme oleh cahaya dipengaruhi oleh proses fotosensitisasi yang merupakan diserapnya cahaya oleh porfirin dan timbulnya reaksi kimia dari oksigen reaktif (Wardle, 2009).

Penelitian telah banyak dilakukan tentang inaktivasi mikroorganisme di udara dengan menggunakan radiasi UV-C. Kinerja inaktivasi di bawah panjang gelombang UV lainnya juga telah dieksplorasi. Kim dan Jang (2018) misalnya, menyelidiki beberapa fotokatalitik reaksi oleh UV-D (185 nm) dengan waktu iradiasi singkat untuk menonaktifkan virus MS2 di udara, juga penelitian tentang mekanisme inaktivasi virus melalui sinar UV-A matahari dan cahaya tampak. Namun, kinerja inaktivasi berbagai sumber UV, terutama UV-D, dapat merusak mikroorganisme dengan memproduksi ozon (Chan Wang *et al.*, 2019).



Gambar 2 1 Struktur DNA yang pecah karena terpapar sinar UV (Koutctama *et al.*, 2009)



Gambar 22 Mekanisme sinar UV-C dalam merusak struktur DNA (Can Wang *et al.*, 2019)

Dari kedua gambar diatas dapat dilihat bahwa cara kerja sinar UV-C dalam melakukan inaktivasi bakteri yaitu dengan merusak asam nukleat pada bakteri sehingga bakteri maupun mikroorganisme tidak dapat melakukan replika sel. Asam nukleat mengabsorpsi sinar UV dengan panjang gelombang yang berkisar 200 – 310 nm, atau disini merupakan UV-C, sinar UV ini akan merusak struktur DNA dan RNA sehingga mendorong terjadinya kerusakan mikroorganisme yang diawali pada pembentukan dimmer pirimidin pada DNA dan RNA. Dimmer ini mencegah mikroorganisme bereplika, hal ini dikarenakan paparan sinar UV menyebabkan gangguan DNA dengan membentuk dimmer timin yang mencegah replika dan transkripsi DNA (Koutctama *et al.*, 2009).

Keberadaan dimmer timin menyebabkan kerusakan serius dan kematian sel karena DNA tidak dapat melakukan replika. Kondisi ini merangsang sistem

perbaikan yang cenderung salah dalam mereplika sel DNA yang telah rusak, sehingga terjadi mutasi sel. Penyerapan sinar UV-C juga menyebabkan modifikasi kimiawi nucleoprotein dan terjadi hubungan silang antara pasangan – pasangan molekul timin, hubungan ini menyebabkan salah baca dari kode genetika yang berakibat mutase sel rusak, dan alat vital organisme menajdi lemah (Waluyo, 2008).

Berdasarkan hukum Beer-Lambert, persamaan kinetik untuk inaktivasi bakteri dapat ditulis (Can Wang *et al.*, 2019):

$$-\frac{dc_A}{dt} = \frac{\Phi}{NE_1} I_V (2.6)$$

$$I = I_0(1 - e^{\varepsilon_A C_A b})(2.7)$$

Dimana:

C_A = Konsentrasi bakteri di udara

N = (mol^{-1}) diisi dengan nilai Avogadro ($6,023 \times 10^{23}$).

E_I = Energi dalam satu foton (J)

I_V = Rapatn energi yang diserap ($\text{W} \cdot \text{m}^{-3}$)

ε_A = koefisien kepunahan kutub ($\text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$)

b = panjang optik

I dan I_0 = kepadatan energy masing – masing yang diserap ($\text{W} \cdot \text{m}^{-3}$)

Dari persamaan (2.6) dan (2.7), maka:

$$-\frac{dc_A}{dt} = \frac{\Phi}{NE_1} I_{V,0} (1 - e^{-\varepsilon_A C_A b}) \quad (2.8)$$

Penyerapan sinar UV merupakan proses yang lemah dalam fase gas, sehingga:

$$1 - e^{-\varepsilon_A C_A b} \approx \varepsilon_A C_A b \quad (2.9)$$

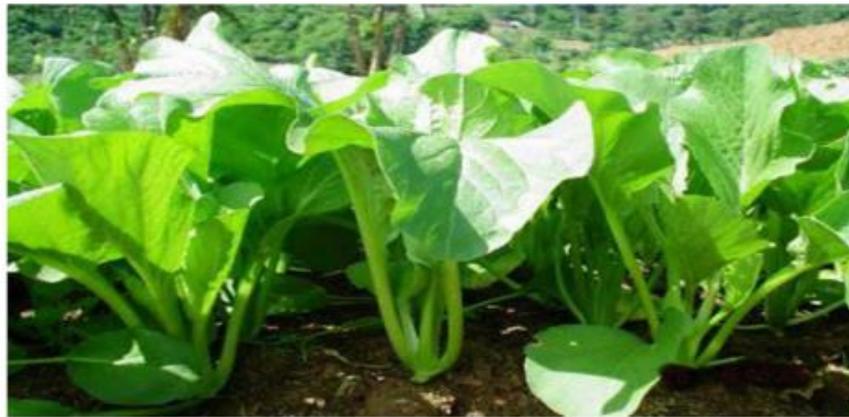
Karena itu:

$$\frac{dc_A}{dt} = -r_A \frac{\Phi}{NE_1} I_{V,0} \varepsilon_A C_A b \quad (2.10)$$

Dimana $-r_A$ yaitu laju inaktivasi bakteri ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{jam}^{-1}$)

2.3 Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.)

2.3.1 Morfologi Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.)



Gambar 2 3 Tanaman Sawi (Agraris, Aksi Kasinus (AAK), 1999)

Tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) adalah tanaman dari keluarga *Brassicaceae* yang mempunyai nilai tinggi. Tanaman sawi mempunyai banyak manfaat untuk tubuh. Direktorat Gizi Depatemen Kesehatan Republik Indonesia (1981) mengatakan, dalam 100 gram sawi terdapat 2,3 gram protein, 0,3 gram lemak, 4 gram karbohidrat, 3,8 miligram fosfor (P), 2,9 miligram zat besi (Fe), 220 miligram kalsium (Ca), 0,09 miligram vitamin B, 0,94 gram vitamin A, dan 102 miligram vitamin B (Direktorat Gizi Depatemen Kesehatan Republik Indonesia, 1981).

Sawi bukan merupakan tanaman asli Indonesia, namun tanaman sawi berasal dari benua Asia. Tanaman sawi dapat tumbuh pada dataran rendah maupun dataran tinggi. Tanaman sawi paling cocok pada ketinggian 5 meter

hingga 1200 mdpl. Tanaman sawi termasuk tanaman yang tahan terhadap air hujan, sehingga dapat ditanam sepanjang tahun. Untuk masa pertumbuhan, tanaman sawi membutuhkan hawa yang sejuk, dan lembab. Tanaman sawi juga cocok ditanam pada genangan air (Margiyanto, 2007).

Tanaman sawi mempunyai daun berwarna hijau dan berbentuk lonjong. Daun sawi memiliki tulang yang menyirip dan bercabang-cabang. Sawi mempunyai batang sejati yang berwarna kehijau-hijauan dan bersifat tidak keras. Pada umumnya terletak di bagian paling dasar, sehingga terbendam dalam tanah. Sawi merupakan tanaman yang cocok ditanam pada dataran rendah dan memiliki masa panen 21 – 25 hari (Cahyono, 2003).

Pada umumnya tanaman sawi mudah berbunga dan berbiji secara alami. Bunga pada tanaman sawi tersusun dalam tangkai bunga yang tumbuh memanjang dan mempunyai banyak cabang. Kuntum pada bunga tanaman sawi terdiri dari empat helai daun kelopak, empat helai daun mahkota, empat helai benang sari, satu buah putik berongga dua, dan bunga kuning cerah. Bunga sawi pada umumnya mengalami penyerbukan dengan bantuan lebah. Hasil penyerbukan dari bunga ini berbentuk buah dan berisi biji sawi (Margiyanto, 2007). Tanaman sawi memiliki akar tunggang dan cabang-cabang akarnya berbentuk bulat panjang. Akar tanaman sawi biasanya terletak pada kedalaman 30 – 50 cm. Akar pada tanaman sawi berfungsi untuk menghisap zat makanan dan air dari dalam tanah, serta untuk menguatkan batang tanaman dalam menopang tanaman (Rukmana, 2002).

2.3.3 Taksonomi Tanaman Sawi (*Brassica juncae L.*)

Dalam taksonomi tumbuhan klasifikasi tanaman sawi (*Brassica juncae L.*) yaitu sebagai berikut (Haryanto *et al.*, 2007):

Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Kelas	: <i>Dicotyledonae</i>
Sub Kelas	: <i>Angiospermae</i>
Ordo	: <i>Brassicales</i>
Famili	: <i>Brassicaceae</i>
Genus	: <i>Brassica</i>
Spesies	: <i>Brassica Juncae L.</i>

Sifat morfologis pada tanaman sawi hampir sama dengan tanaman kubis-bunga, brokoli, lobak dan kubis-krop, dikarenakan sawi masih satu famili (*Brassicaceae*) dengan tanaman-tanaman tersebut. Kemiripin sawi dengan tanaman-tanaman tersebut terutama pada sistem pengakaran, bunga, biji, buah dan struktur batang.

2.3.4 Variates Tanaman Sawi

Jenis-jenis sawi yang banyak dikenal oleh masyarakat Indonesia diantaranya (Rukmana, 2002):

a. Sawi hijau (*Brassica Juncae L.*)

Sawi hijau mempunyai ciri – ciri berbatang pendek dan tegak, daunnya berwarna hijau keputih – putihan, tangkainya panjang bersayap. Daun tanaman sawi lebar dan berwarna hijau tua, serta tangkai daun pipih, kecil dan sedikit berbulu halus.

b. Sawi huma

Sawi ini memiliki ciri-ciri berbatang kecil panjang dan langsing, daun tanaman sawi huma berwarna hijau keputih-putihan, dan tangkai daun panjang, sempit, mempunyai bulu-bulu halus dan sedikit bersayap.

c. Sawi putih (*Brassica juncea* L var *rugose* Roxb. & Prain)

Sawi putih atau sawi jabung mempunyai ciri-ciri berbatang pendek, dan tegap. Daun tanaman sawi putih berwarna hijau tua, sedikit halus dan tidak berbulu. Tangkai daunnya panjang dan melengkung ke bawah. Tulang daun pada tanaman sawi putih berwarna hijau keputih-putihan, dan lebar.

2.4 Bakteri *Erwinia carotovora* Penyebab Penyakit Busuk Lunak pada Tanaman Sawi

Dalam ilmu taksonomi, bakteri *Erwinia carotovora* diklasifikasikan sebagai berikut (Gardan *et al.*, 2003):

Divisi: *Gracilicutes*

Kelas: *Proteobacteria*

Famili: *Enterobacteriaceae*

Spesies: *Erwinia carotovora*



Gambar 2 4 Bakteri *Erwinia Carotovora* (Anonymous, 2020)

Genus *Erwinia* pertama kali diperkenalkan oleh ahli mikrobiologi pada tahun 1917 untuk mengelompokkan bakteri bersifat gram positif dan berflagela peritrik. Nama *Erwinia* diambil dari seorang ahli penyakit tumbuhan dari Amerika Serikat yang bernama Erwin F. Smith. Pada pembagiannya, bakteri *Erwinia* dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu "*true erwinia*" dan "*soft rot erwinia*". *Tru erwinia* merupakan penyebab busuk kering atau busuk layu pada tanaman, sedangkan "*soft rot erwinia*" merupakan penyebab busuk lunak (Starr dan Chatterjee, 1972).

Dye (1968) mengelompokkan genus *Erwinia* menjadi 4 kelompok, yaitu kelompok "*amylovora*" atau lebih dikenal dengan "*true erwinia*", kelompok "*carotovora*" atau "*soft rot erwinia*", kelompok "*herbicola*" yang anggotanya merupakan genus *Erwinia* berwarna kuning, dan terakhir anggota dari genus *Erwinia* yang belum dapat dikelompokkan dalam satu kesamaan karakteristik yang disebut kelompok "*atypical*" (Seminar Regional Ilmu Penyakit Tumbuhan, 2015).

Pada tanaman sawi, bakteri *Erwinia carotovora* menyerang bagian daun dan batang tanaman sehingga bagian yang terserang menjadi rusak dan berlendir. Penyakit busuk lunak pada tanaman sawi ditandai dengan jaringan parenkim pada tanaman menjadi berair dan terinfeksi. Bakteri *Erwinia carotovora* memperbanyak diri dengan mensekresikan sejumlah besar enzim yang melarutkan lamella tengah, dan di dalam ruang antar sel sehingga sel menjadi terpisah, busuk, dan rusak pada bagian tumbuhan yang berdaging. Bakteri ini menghasilkan enzim pectinase yang dapat menguraikan pektin (fungsinya untuk merekatkan dinding-dinding sel yang saling berdampingan). Pektin yang terurai membuat sel-sel akan lepas satu sama lain (Trimuti *et al.*, 2004).



Gambar 25 Penyakit busuk lunak pada tanamansawi yang disebabkan oleh bakteri *Erwinia carotovora* (Liz Baessler, 2021)

Gejala umum tanaman sawi saat terkena penyakit busuk lunak yaitu pada bagian yang terinfeksi mula-mula terdapat bercak kebasahan. Pada kelembapan tinggi, jaringan yang terinfeksi tampak berwarna krem atau kecoklatan, dan

terdapat butir-butir halus. Pada suhu dan kelembapan tinggi, serangan akan meningkat dan bercak krem atau kecoklatan menyebar dengan cepat (Liz Baessler, 2021).(Endah dan Novizan, 2002).

Bakteri *Erwinia carotovora* mempunyai sifat parasite lemah. Bakteri ini biasa menyerang tanaman pada bagian luka. Suhu optimum untuk bakteri *Erwinia carotovora* yaitu 25 – 30°C. dan kelembapan ruang yang tinggi, dengan kisaran 80 – 90%. Dengan konsentrasi 10^{-3} cfu/ml, bakteri telah mampu menimbulkan gejala. Hal ini dapat dilihat pada penelitian Yaganza *et al.* (2004) bahwa tanaman sawi yang telah diinokulasi dengan suspensi bakteri *Erwinia carotovora* menunjukkan gejala busuk lunak setelah 10 hari. Sel pada bakteri *Erwinia carotovora* berbentuk batang. Ukuran sel bakteri *Erwinia carotovora* sekitar $0,7 \times 1,5 \mu\text{m}$, mempunyai bulu cambuk yang berjumlah 2 – 6, tidak memiliki spora atau kapsul, merupakan bakteri gram negative, peritrich, dan bersifat aerob fakultatif (Semangun, 2000).

Dalam surah Al-Baqarah ayat 26 diberitahukan bahwa ada makhluk yang belum diketahui pada saat itu dan berbentuk super kecil. Hal ini dapat dilihat bahwa mikroorganisme seperti bakteri ataupun virus baru diketahui oleh manusia pada awal abad ke-20, bahkan beberapa jenis yang lain baru diketahui pada abad ke-21. Hal ini seperti firman Allah QS. Al-Baqarah (26):

إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَبْعُوضَةً فَمَا فَوْقَهَا ۚ فَأَمَّا الَّذِينَ آمَنُوا فَيَعْلَمُونَ
أَنََّّهُ الْحَقُّ مِنْ رَبِّهِمْ ۗ وَأَمَّا الَّذِينَ كَفَرُوا فَيَقُولُونَ مَاذَا أَرَادَ اللَّهُ بِهَذَا مَثَلًا ۗ يُضِلُّ بِهِ
كَثِيرًا ۖ أَوْ يَهْدِي بِهِ كَثِيرًا ۗ وَمَنْ يُضِلُّ بِهِ إِلَّا الْفَاسِقِينَ (٢٦)

Artinya: “Sungguh Allah tidak enggan membuat perumpamaan berupa 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 (pula) orang yang diberi-Nya petunjuk. Tetapi tidak ada yang Dia sesatkan dengan (perumpamaan) itu selain orang-orang fasik.” (QS. Al-Baqarah ayat 26)

Dalam kitab Tafsir Jalalain yang ditulis oleh Iman Jalaluddin Al-Mahali dan Imam JalaluddinAs-Suyuti menyebutkan bahwa Allah tidak segan mengangkat nyamuk sebagai perumpamaan, atau bahkan yang lebih kecil dari nyamuk (Al-Mahali *et al.*, 2008). Perumpaan nyamuk atau hewan yang lebih kecil dari nyamuk pada surat Al-Baqarah ayat 26 mempunyai makna bahwa setiap penciptaan, sekecil apapun itu, selalu mengandung hikmah dan tujuan dalam penciptaannya. Dalam hal ini, hikmah yang dapat diambil dari penciptaan nyamuk dan bakteri yaitu selain menimbulkan penyakit, bakteri juga dapat dimanfaatkan untuk riset penelitian ataupun pengembangan bioteknologi.

BAB III

METODOLOGI

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan data yaitu penelitian eksperimen. Penelitian ini dilakukan di daerah Lowokwaru dan Laboratorium Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Malang untuk mengetahui pengaruh radiasi lampu UV-C terhadap pertumbuhan tanaman sawi yang infeksi dengan bakteri *Erwinia carotovora*. Tanaman sawi dipapari dengan sinar UV-C setelah ditanam mulai usia 14 hari setiap 1 minggu sekali selama 2 menit, dengan variasi intensitas paparan lampu UV-C 5 lux, 10 lux, 15 lux, 20 lux, dan 25 lux dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL). Faktor pertama yaitu perlakuan pemaparan lampu UV-C terhadap tanaman sawi dengan variasi intensitas 5 lux, 10 lux, 15 lux, 20 lux, dan 25 lux. Faktor kedua, infeksi tanaman sawi oleh bakteri *Erwinia carotovora* dan tanaman sawi tanpa infeksi bakteri *Erwinia carotovora* dengan kerapatan 10^7 cell/ml. setiap unit percobaan diulang sebanyak 5 kali pengulangan dan dijadikan satu kelompok. Sampel data yang digunakan pada penelitian ini yaitu daun sawi yang telah dikontaminasi dengan bakteri *Erwinia carotovora*, setelah itu daun sawi yang terkontaminasi diberikan paparan sinar UV-C dan dilihat pengaruhnya.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dengan judul “Pengaruh Radiasi Sinar UV-C Terhadap Tanaman Sawi (*Brassica juncea L.*) yang Dipapari Bakteri *Erwinia carotovora*” dilakukan

dilakukan di Laboratorium Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Hasil pada penelitian ini untuk mengetahui pengaruh paparan radiasi sinar UV-C terhadap pertahanan tanaman sawi yang terpapar bakteri *Erwinia carotovora*.

3.3 Alat dan Bahan

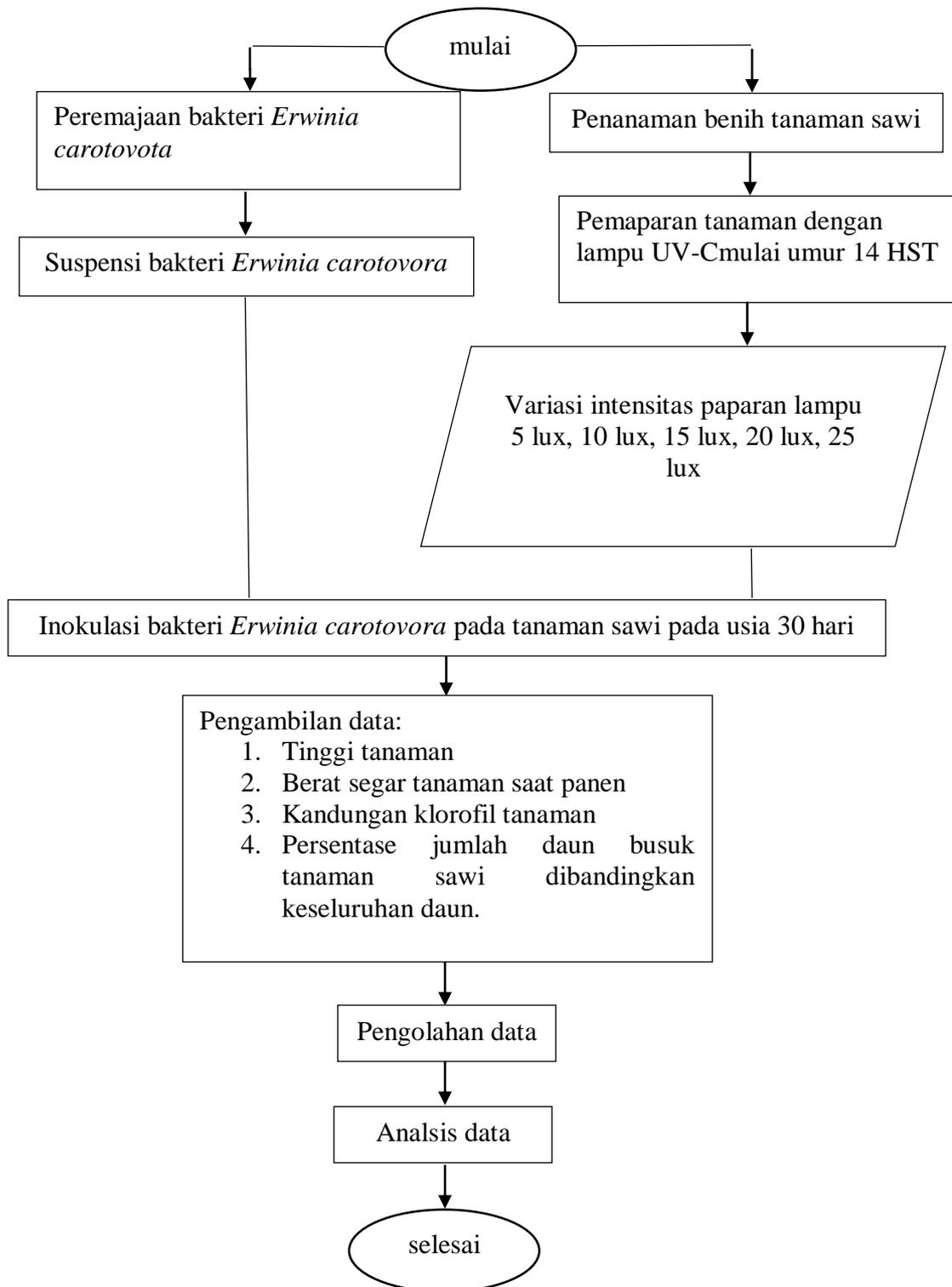
3.3.1 Alat

Pada penelitian ini alat-alat yang digunakan untuk membuat bakteri yaitu, *beaker glass*, hot plate, *magnetic stirrer*, cawan petri, tabung reaksi, pipet, raktabung reaksi, erlenmeyer ukuran 500 ml, *Laminar Air Flow* (LAF), autoklaf, timbangan digital, jarum ose, bunsen, kain kasa, karet gelang. Peralatan yang digunakan untuk pemaparan pada tumbuhan yaitu, rak kayu dengan ukuran 1x1 meter, plastik bening, lampu UV-C 15 Watt dengan panjang gelombang 256 nm, kabel listrik. Peralatan yang digunakan untuk menghitung koloni bakteri *Erwinia carotovora* yaitu *colony counter*, dan mikropipet. Alat untuk mengukur pertumbuhan tanaman yaitu jangka sorong dan penggaris. Dan alat yang digunakan untuk kadar klorofil tumbuhan yaitu spektrofotometri U-Vis.

3.3.2 Bahan

Untuk bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu, benih tanaman sawi dengan ukuran yang sama, bakteri *Erwinia carotovora* yang telah dilakukan pembiakan, media NA (*Nutrien Agar*), aluminium foil, plastik wrap, alkohol 70%, 1 pack kapas, spirtus, NaCl 0,9%, dan aquades steril.

3.4 Diagram Alir



Gambar 3 1 Diagram penelitian

3.5 Prosedur Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu eksperimen. Total kombinasi untuk perlakuan yaitu 6x6 perlakuan atau 36 sampel. Dimana untuk masing-masing polybag terdiri dari 3 tanaman sawi dengan jarak 3 cm per tanaman. Pemaparan tanaman menggunakan lampu UV dengan panjang gelombang 185 – 280 nm, untuk intensitas pemaparan divariasikan. Bibit tanaman sawi yang telah ditanam dipapari dengan lampu UV pada hari ke-14 sampai tanaman berusia 4 minggu setelah tanam setiap 1 minggu sekali, selanjutnya pada hari ke 30 tanaman sawi diinokulasi dengan bakteri *Erwinia carotovora* dengan kerapatan 10^7 cell/ml. Urutan prosedur pada penelitian ini yaitu:

1. pemilihan penanaman benih tanaman sawi
2. pemaparan tanaman sawi mulai usia 14 hari dengan lampu UV
3. pembuatan media bakteri
4. perbanyak isolat bakteri
5. penyuntikan bakteri pada tanaman saat usia 30 hari
6. pengambilan data
7. analisis data

3.5.1 Pemilihan dan Penanaman Bibit Tanaman Sawi

Adapun untuk prosedur dalam pemilihan dan penanaman benih sawi yaitu sebagai berikut:

1. Benih sawi dipilih dengan berat antara 3 – 5 mg per bibit
2. Benih yang dipilih yaitu bibit sawi jenis Tosakan F1
3. Penanaman sawi dilakukan dengan metode tanam tanah murni
4. Ukuran polybag yang digunakan untuk media tanam yaitu 25x25 cm

5. Sebelum benih ditanam, tanah terlebih dahulu dibasahi dengan air agar benih bisa cepat tumbuh.
6. Polybag yang sudah diisi dengan tanah kemudian dimasukkan 1 benih per polybag.
7. Tanaman disiram dengan air setiap 1 kali sehari untuk menjaga kelembapan media tanam

3.5.2 Pemaparan Lampu UV-C terhadap Tanamaan Sawi

Untuk proses pemaparan tanaman sawi dengan lampu UV-C, maka prosedur yang dilakukan yaitu:

1. Menyiapkan 5 tanaman untuk setiap percobaan pemaparan
2. Tanaman dipapari dengan lampu UV-C Panjang gelombang 256 nm, dan 15 Watt, setiap satu minggu sekali setelah tanaman berusia 14 hari hingga tanaman berusia 28 hari/4 minggu
3. Intensitanuntuk pemaparan tanaman yaitu 5 lux, 10 lux, 15 lux, 20 lux, dan 25 lux
4. Durasi pemaparan setiap tanaman yaitu 2 menit.

3.5.3 Pembuatan Media Bakteri NA (Nutrient Agar)

Pembuatan media NA dilakukan dengan cara melarutkan media agar NA sebanyak 2 gram dengan 100 ml aquades. Media agar NA dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan dengan aquades sesuai dengan kebutuhan. Media NA yang telah dimasukkan ke erlenmeyer kemudian dipanaskan menggunakan hotplate dan diaduk dengan (*magnetic stirrer*) hingga berwarna kuning bening. Untuk pembuatan media padat NA, setelah media dipanaskan selanjutnya dimasukkan ke dalam cawan petri dan ditutup dengan plastik wrap. Media

kemudian disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Media yang sudah steril diletakkan pada *laminar air flow* (LAF) dan diposisikan terbalik. Setelah itu media dapat diinokulasi dengan bakteri.

3.5.4 Perbanyak Isolat Bakteri

Untuk memperbanyak isolate bakteri *Erwinia carotovora*, maka langkah-langkah yang harus dilakukan yaitu:

1. Bunsen pada LAF dinyalakan
2. Area pada LAF disemprot dengan alkohol 70% agar area untuk menjaga area tetap steril.
3. Jarum ose dipanaskan pada bunsen, kemudian bakteri *Erwinia carotovora* diambil sedikit dengan jarum ose, lalu diratakan pada media NA dengan metode sebar media.
4. Setelah itu, bakteri yang telah diambil digoreskan pada media baru NA dengan zigzag.
5. Bakteri di inkubasi pada inkubator selama 24 jam untuk menumbuhkan bakteri pada media baru.

3.5.5 Inokulasi Bakteri *Erwinia carotovora* pada tanaman sawi

Saat tanaman sawi berusia 30 hari atau batangnya sudah benar-benar kokoh, maka sebagian tanaman akan diinokulasi dengan bakteri *Erwinia carotovora* dan sebagian yang lain dijadikan sebagai kontrol. Adapun prosedur untuk inokulasi tanaman yaitu:

1. Bakteri *Erwinia carotova* yang sudah diremajakan diambil dengan jarum ose pada cawan petri.
2. Setelah itu, bakteri dimasukkan kedalam tabung reaksi yang sudah diisi

3. dengan larutan NaCl.
4. Dikocok atau divortek selama 10 detik agar bakteri dan larutan tercampur
5. Diencerkan hingga 7 kali pengenceran, atau 10^7 cell/ml.
6. Disemprotkan sebanyak 1 ml pada daun tanaman secara adaksial dan abaksial dengan dosis semprot 10^7 cell/ml.

3.6 Pengambilan Data

Untuk data yang diambil pada penelitian ini yaitu tinggi tanaman sawi, jumlah daun pada tanaman, jumlah daun busuk pada tanaman, kandungan klorofil tanaman dan berat segar tanaman sawi saat panen.

1. Tinggi tanaman sawi.

Tinggi tanaman sawi diukur dengan penggaris setiap pagi. Pengukuran tinggi tanaman dimulai dari bagian tanaman yang menyentuh tanah, hingga bagian daun paling ujung tanaman.

Tabel 3.1 Tinggi tanaman sawi

Intensitas (lux)	Tinggi tanaman (cm)
Kontrol	
5	
10	
15	
20	
25	

2. Berat segar tanaman sawi.

Tanaman sawi dipanen saat usia 35 hari. Kemudian dilakukan pengukuran berat segar tanaman sawi saat menggunakan timbangan digital agar hasil didapatkan lebih akurat. Pengukuran tanaman sawi ditulis seperti tabel 32.

Tabel 3.2 Berat segar tanaman sawi saat panen

Intensitas (lux)	Berat Tanaman Sawi (gram)
Kontrol	
5	
10	
15	
20	
25	

3. Persentase jumlah daun busuk tanaman sawi yang terpapar bakteri *Erwinia carotovora* dari keseluruhan daun sawi

Persentase jumlah daun busuk pada tanaman sawi dihitung dengan membandingkan antara jumlah daun busuk tanaman sawi yang terpapar bakteri *Eriwinia carotovora* dengan keseluruhan daun sawi yang masih sehat per setiap sampel tanaman sawi.

Tabel 3. 3 Persentase jumlah daun busuk tanaman sawi

Intensitas (lux)	Presentase jumlah daun busuk tanaman sawi (%)

4. Perhitungan kadar klorofil daun sawi

Perhitungan data kadar klorofil pada daun sawi dilakukan menggunakan spektrofotometri UV-Vis dengan mencari nilai absorbansi tanaman. Panjang gelombang yang digunakan untuk menentukan nilai absorbansi yaitu 654 nm dan 663 nm. Nilai absorbansi yang diperoleh dihitung dengan rumus:

Klorofil a (mg/l): $12.7 D-663 - 2.69 D-645$

Klorofil b (mg/l): $22.9 D-645 - 4.68 D-663$

Tabel 3.4 Kadar klorofil pada daun sawi.

Intensitas (lux)	Kadar Klorofil	
	a (mg/L)	b (mg/L)

5. Persentase Harian Jumlah Daun Busuk Tanaman Sawi setelah dipapari bakteri *Erwinia carotovora*.

Pengamatan jumlah batang busuk tanaman sawi dilakukan setiap pagi hari mulai dari setelah tanaman diinfeksi dengan bakteri hingga masa panen tanaman. pengamatan dilakukan dengan melihat perkembangan batang tanaman yang membusuk pasca tanaman diinfeksi, dan dihitung jumlah batang tanaman yang membusuk setiap harinya.

Tabel 3.5 Jumlah batang yang busuk pada tanaman sawi setelah diinfeksi bakteri

Intensitas lampu UV-C (lux)	Jumlah batang busuk pada tanaman sawi selama 5hari setelah diinfeksi bakteri				
	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5
Kontrol					
5					
10					
15					
20					
25					

3.7 Analisis Data

Data hasil penelitian yang telah diperoleh dianalisis menggunakan SPSS untuk mengetahui seberapa berpengaruh pemaparan lampu UV-C terhadap pertumbuhan tanaman sawi dan pertahanan tanaman terhadap penyakit busuk lunak tanaman sawi oleh bakteri *Erwinia carotovora*. Selain itu data hasil yang didapatkan divisualisasikan dalam bentuk grafik agar lebih mudah untuk dibandingkan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Pada penelitian ini digunakan lampu UV-C dengan daya 15 Watt sebanyak 2 buah. Panjang gelombang lampu yang digunakan yaitu 185 – 280 nm. Jenis bibit sawi yang ditanam merupakan variates Tosakan F1. Penanaman sawi dilakukan di polybag yang masing-masing perlakuan terdiri dari 5 sampel percobaan. Saat sampel berusia 2 minggu atau sudah mulai tumbuh 3 – 5 daun, maka sampel dipapari dengan lampu UV-C.

Pemaparan sampel dengan lampu UV-C dilakukan setiap 1 minggu sekali dengan lama pemaparan yaitu selama 2 menit. Intensitas lampu yang diberikan terhadap tanaman yaitu 5 lux, 10 lux, 15 lux, 20 lux dan 25 lux. Pengambilan data sampel dilakukan setiap pagi sampai masa panen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh paparan UV-C terhadap pertumbuhan tanaman sawi yang meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, dan berat saat panen. Sedangkan pengaruh paparan UV-C terhadap pengendalian penyakit busuk lunak pada tanaman sawi sebelum panen yang disebabkan oleh bakteri *Eriwinia carotovora* yaitu dengan dilihat batang yang busuk pada tanaman sawi setelah diinfeksi dengan bakteri.

4.1.1 Pengaruh Intensitas Lampu UV-C terhadap Morfologi Tanaman Sawi

1. Tinggi tanaman

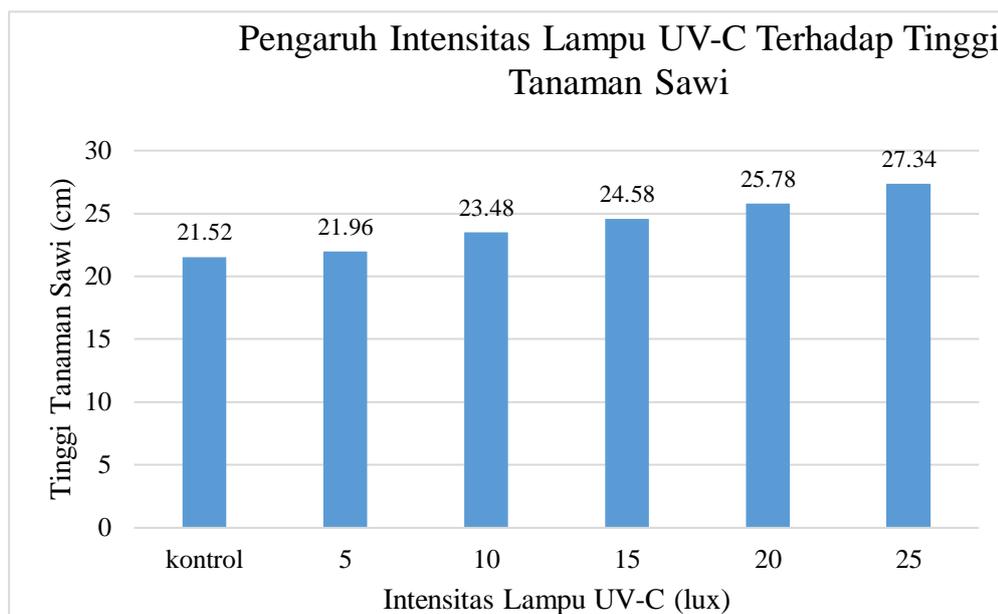
Pengukuran tinggi tanaman dilakukan setiap hari pada pagi hari. Pengukuran dimulai saat tanaman akan diberi paparan lampu UV-C hingga masa panen tanaman. Tinggi tanaman sawi diukur mulai pangkal paling

bawah sampai bagian ujung daun tanaman. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 pengaruh intensitas paparan lampu UV-C terhadap tinggi tanamansawi

Intensitas (lux)	Tinggi tanaman (cm)
Kontrol	21.52±2.152
5	21.96±3.022
10	23.48±3.353
15	24.58±2.550
20	25.78±2.707
25	27.34±2.741

Tabel di atas menunjukkan bahwa variasi pemberian intensitas lampu UV-C mempengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman sawi. Tinggi tanaman sawi tanpa pemaparan lampu UV-C yaitu 21.52±2.152 cm. Saat tanaman dipapari lampu UV-C dengan intensitas 5 lux tinggi tanaman yaitu 21.96±3.022 cm. Kemudian saat tanaman diberi paparan lampu UV-C dengan intensitas 10 lux tinggi tanaman adalah 23.48±3.353 cm. Adapun ketika tanaman sawi diberi paparan lampu UV-C 15 lux tinggi tanaman adalah 24.58±2.550 cm. Saat pemaparan lampu UV-C dengan intensitas 20 lux tinggi tanaman sawi yaitu 25.78±2.707 cm. Hasil paling baik yaitu saat tanaman sawi dipapari menggunakan lampu UV-C dengan intensitas 25 lux dimana didapatkan tinggi dari tanaman sawi yaitu 27.34±2.741 cm. Dari data yang ada pada tabel 4.1 dapat dibuat grafik pengaruh intensitas lampu UV-C terhadap tinggi tanaman sawi sebagaimana gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik pengaruh intensitas lampu UV-C terhadap tinggi tanaman sawi

Berdasarkan grafik 4.1 dapat diketahui bahwa pemaparan lampu UV-C berpengaruh terhadap tinggi tanaman sawi. Pengaruh terbesar yaitu saat tanaman dipapari dengan lampu UV-C sebesar 25 lux, dimana tinggi tanaman sawi yaitu 27.34 ± 2.741 cm. Berdasarkan uji *ANOVA* dan *DMRT* dengan nilai alpha sebesar 0.05 didapatkan hasil bahwa variasi intensitas paparan lampu UV-C pada tanaman sawi memengaruhi tinggi tanaman. Dari hasil uji *DMRT* perbedaan signifikan terjadi pada saat paparan lampu UV-C intensitas 25 lux. Saat paparan 5 lux, 10 lux, 15 lux dan 20 lux tinggi tanaman bertambah, tetapi tidak bertambah secara signifikan. Hasil uji *ANOVA* dan *DMRT* homogenitas pada tumbuhan sawi dapat dilihat pada lampiran 4.

2. Berat segartanaman sawi

Pengambilan data berat segar tanaman sawi dilakukan saat tanaman sawiberumur 35 hari atau sudah siap panen. Tanaman sawi ditimbang

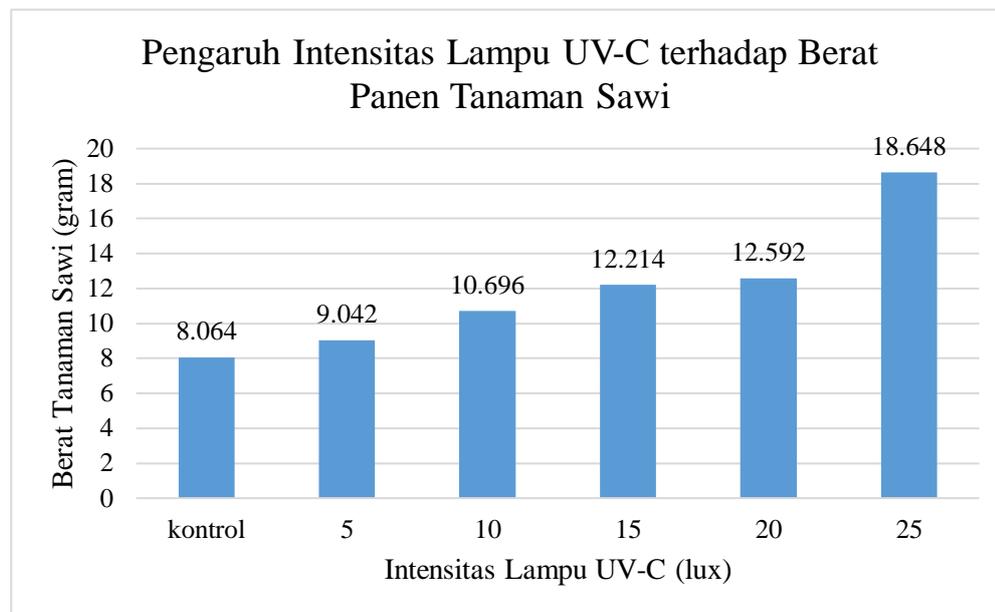
menggunakan timbangan digital agar hasil yang didapatkan lebih akurat. Hasil penimbangan tanaman sawi dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data berat segar tanaman sawi

Intensitas (lux)	Berat Segar Tanaman Sawi (gram)
Kontrol	8.064±1.078
5	9.042±1.104
10	10.696±1.724
15	12.214±1.331
20	12.592±0.639
25	18.648 ±2.066

Dari tabel 4.2 dapat diketahui bahwa intensitas lampu UV-C mempengaruhi berat tanaman sawi saat panen. Pada saat tanaman sawi tidak dipapari lampu UV-C berat tanaman sawi yaitu 8.064±1.078 gram. Saat tanaman sawi dipapari lampu UV-C dengan intensitas 5 lux maka berat tanaman sawi menjadi 9.042±1.104 gram. Adapun saat tanaman sawi dipapari lampu UV-C dengan intensitas 10 lux berat tanaman sawi yaitu 10.696±1.724 gram. Sedangkan saat tanaman sawi dipapari dengan intensitas 15 lux dan 20 lux, hasil berat tanaman sawi hampir sama, yaitu 12.214±1.331 gram dan 12.592±0.639 gram. Tanaman sawi dengan berat tertinggi yaitu saat pemaparan lampu UV-C dengan intensitas 25 lux, berat tanaman meningkat sekitar dua kali lipat dari tanaman kontrol, yaitu sebesar 18.648 ±2.066 gram.

Data dari tabel 4.2 dapat dibuat grafik pengaruh intensitas paparan lampu UV-C terhadap berat tanaman sawi sebagaimana pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik intensitas lampu UV-C terhadap berat segar tanaman sawi saat panen

Grafik 4.2 menunjukkan bahwa pemberian intensitas lampu UV-C mempengaruhi berat segar tanaman sawi pasca panen. Berdasarkan uji ANOVA dan DMRT pada SPSS yang ada pada lampiran 7 dapat dilihat bahwa pemaparan tanaman sawi menggunakan lampu UV-C mempunyai pengaruh terhadap berat tanaman sawi saat panen. Adapun intensitas lampu UV-C 15 lux, 20 lux dan 25 lux saat pemaparan pada tanaman mempunyai perbedaan yang signifikan jika dibandingkan dengan tanaman sawi yang tidak dipapari dengan lampu UV-C sama sekali.

4.1.2 Persentase Jumlah Daun Busuk Tanaman Sawi yang Terpapar Bakteri *Erwinia carotovora* dari Keseluruhan Daun

Pengamatan jumlah daun pada tanaman sawi dilihat setiap pagi hari. Pengamatan dimulai saat tanaman akan diberi akan diberi paparan lampu UV-C hingga tanaman akan dipanen. Jumlah daun yang diamati yaitu dari daun pada ruas paling bawah hingga daun muda yang paling ujung pada tanaman

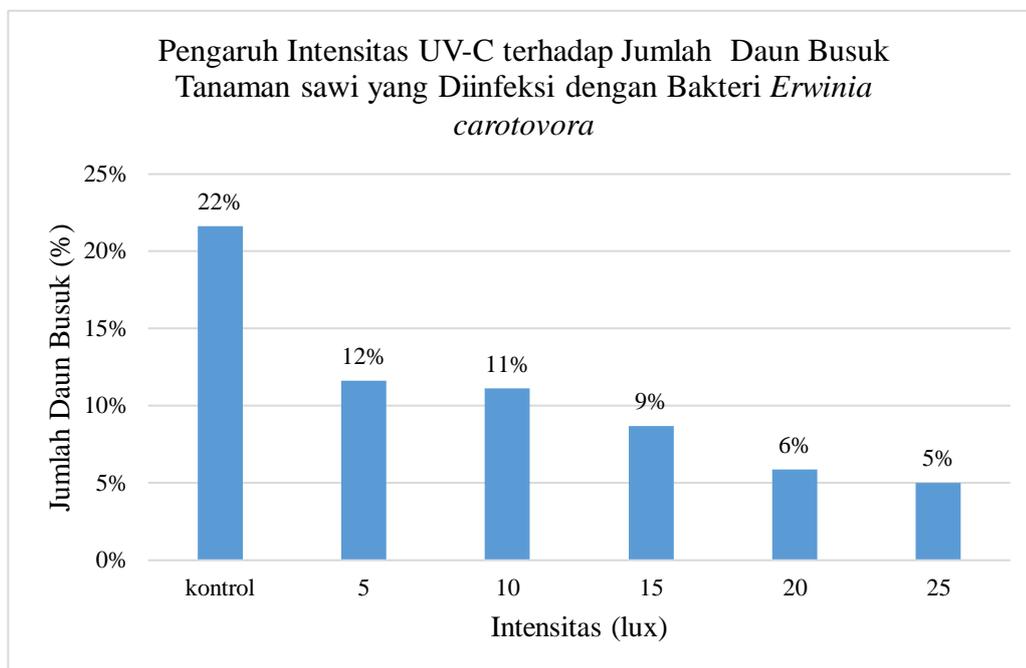
sawi. Sedangkan jumlah daun busuk pada tanaman sawi dihitung setelah tanaman sawi diinokulasi dengan bakteri atau saat tanaman berusia 31 hari hingga masa panen tanaman sawi. Hasil perhitungan antara jumlah daun busuk dari keseluruhan jumlah daun yang ada pada tanaman sawi diubah dalam bentuk persen. Hasil persentase jumlah daun busuk tanaman sawi dari keseluruhan tanaman dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Pengaruh intensitas UV-C terhadap pertumbuhan daun busuk pada tanaman sawi yang dipapari bakteri *Erwinia carotovora*.

Intensitas (lux)	Persentase jumlah daun busuk tanaman sawi (%)
Kontrol	22
5	12
10	11
15	9
20	6
25	5

Dari tabel 4.3 menunjukkan bahwa pemaparan lampu UV-C dapat menghambat pertumbuhan daun jumlah daun busuk pada tanaman sawi. Persentase jumlah daun busuk tanaman saat yang tidak diberikan paparan lampu UV-C sama sekali yaitu 22%. Saat tanaman sawi diberikan paparan lampu UV-C dengan intensitas 5 lux, jumlah daun busuk pada tanaman sawi menurun menjadi 12%. Saat tanaman dipapari lampu UV-C dengan intensitas 10 lux penurunan jumlah daun busuk pada tanaman sawi menurun tapi tidak terlalu signifikan, yakni sebesar 11%. Adapun saat tanaman sawi diberikan paparan lampu UV-C dengan intensitas 15 lux jumlah daun busuk dari keseluruhan daun yaitu 9%. Saat tanaman diberikan paparan lampu UV-C dengan intensitas 20 lux penurunan jumlah daun busuk daun sawi dari keseluruhan daun menjadi 6%. Hasil terbaik yaitu saat tanaman sawi diberikan paparan lampu UV-C dengan intensitas 25 lux, dimana jumlah daun busuk tanaman sawi menjadi

5%. Dari tabel 4.3 dapat dibuat grafik pengaruh intensitas lampu UV-C terhadap jumlah daun pada tanaman sawi sebagaimana gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik pengaruh intensitas lampu UV-C terhadap pertumbuhan daun busuk tanaman sawi yang diinfeksi bakteri *Erwinia carotovora*

Grafik 4.3 menunjukkan bahwa paparan tanaman sawi dengan intensitas lampu UV-C yang divariasikan berpengaruh terhadap penurunan jumlah daun busuk dari keseluruhan jumlah daun tanaman sawi. Jumlah daun yang busuk pada tanaman sawi semakin menurun seiring dengan ditingkatnya intensitas paparan lampu UV-C yang digunakan.

4.1.3 Pengaruh Intensitas Lampu UV-C terhadap Pembusukan Daun Sawi

Setelah Dipapari Bakteri *Erwinia carotovora*

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan setelah tanaman diinokulasi dengan bakteri *Erwinia carotovora* saat sawi berusia 30 hari sampai masa panen tanaman. Bakteri *Erwinia carotovora* yang telah remajakan dan disuspensi sampai 7 kali pengenceran diinokulasikan pada daun tanaman sawi. Inokulasi tanaman dengan bakteri dilakukan dengan menyemprotkan suspensi

bakteri *Erwinia carotovora* 10^{-7} sebanyak 1 ml ke permukaan adaksial/permukaan luar daun dan permukaan abaksial/permukaan dalam daun menggunakan *handheld sruyer*. Dari pengamatan yang dilakukan didapatkan data seperti tabel 4.4

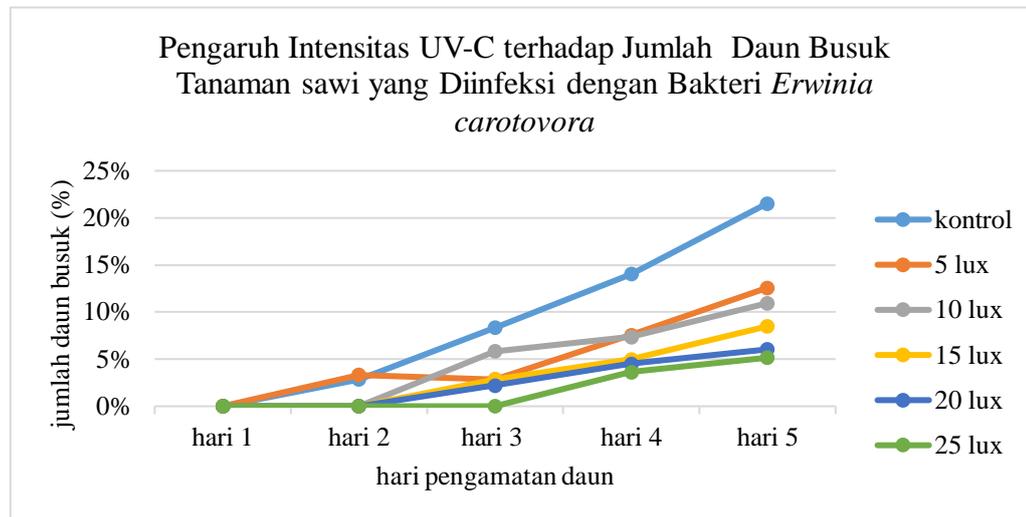
Tabel 4.4 Pengaruh intensitas lampu UV-C dalam menghambat pembusukan daun sawi setelah dipapari bakteri *Erwinia carotovora*

Intensitas (lux)	Persentase Harian Jumlah Daun Busuk Tanaman Sawi				
	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5
Kontrol	0%	3%	8%	14%	22%
5	0%	3%	3%	8%	13%
10	0%	0%	6%	7%	11%
15	0%	0%	3%	5%	8%
20	0%	0%	2%	5%	6%
25	0%	0%	0%	4%	5%

Dari tabel 4.4 dapat disimpulkan bahwa intensitas lampu UV-C berpengaruh terhadap menghambat penyebaran bakteri pada tanaman sawi. Pada tabel 4.4 tanaman yang di dipapari dengan lampu UV-C setiap minggunya selama 2 menit dan tanaman yang digunakan sebagai kontrol diinokulasi dengan bakteri *Erwinia carotovora* pada saat tanaman usia 30 hari. Pengamatan dilakukan setiap hari dan hasilnya yaitu bakteri yang ada pada tanaman kontrol menyerang tanaman lebih cepat dibanding dengan tanaman yang dipapari lampu UV-C setiap minggunya. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya daun busuk tanaman selama 5 hari. Pada tanaman kontrol, pembusukan daun sudah terlihat sejak hari ke-2 dengan persentase pembusukan sebesar 3%, persentase ini semakin tinggi setiap harinya, di mana pada hari ke-3 persentase pembusukan daun menjadi 8% dan saat hari ke-5 pengamatan persentase daun menjadi 22%.

Saat tanaman dipapari intensitas lampu UV-C 5 lux, persentase pembusukan daun mulai terlihat pada hari ke-2, dimana sebesar 3% daun mengalami pembusukan, jumlah pembusukan tetap stabil di hari ke-3, dan jumlahnya naik menjadi 8% saat hari ke-4. Pada saat hari ke-5 jumlah pembusukan menjadi 13%. Untuk pemaparan dengan intensitas paparan lampu UV-C sebesar 10 lux pembusukan daun baru terlihat saat hari ke-3, yaitu sebesar 7%, kemudian saat hari ke-5 pembusukan pada daun menjadi 11%. Pada intensitas paparan lampu UV-C 15 lux dan 20 lux, terjadi pembusukan pada daun sawi setelah 3 hari dari inokulasi tanaman sawi dengan bakteri *Erwinia carotovora*. Untuk pemaparan dengan intensitas 15 lux pembusukan mulai terlihat saat hari ke-3 dengan persentase daun busuk sebesar 3%. Persentase ini terus naik, tetapi tidak terlalu signifikan, dimana pada hari ke-5 jumlah daun busuk pada tanaman sawi sebesar 8%. Saat pemaparan 20 lux, persentase daun busuk pada tanaman sawi sebanyak 2% saat hari ke-3, pada hari ke-5 persentase daun busuk pada tanaman sawi menjadi 5%. Hasil perlakuan yang paling signifikan dalam menghambat pembusukan daun yaitu saat tanaman diberikan paparan lampu UV-C dengan intensitas 25 lux, dimana tanda-tanda daun terkena penyakit busuk lunak baru terlihat saat hari ke-4 setelah tanaman diinokulasi dengan bakteri. Persentase pembusukan daun hanya sekitar 4% dari keseluruhan daun, dan saat hari ke-5 hanya 5% daun yang membusuk dari keseluruhan daun. Dimana dari hari ke-4 ke hari ke-5 hanya terjadi kenaikan pembusukan sebanyak 1%. Dari penjelasan diatas, dapat disimpulkan bahwa intensitas 25 lux merupakan penghambat pembusukan daun terbesar diantara semua intensitas yang diberikan.

Dari tabel 4.4 dapat dibuat grafik pengaruh intensitas lampu UV-C terhadap perkembangan jumlah daun busuk pada tanaman sawi dari keseluruhan daun sebagaimana gambar 4.4



Gambar 4.4 Pengaruh intensitas lampu UV-C dalam menghambat pembusukan daun sawi setelah dipapari bakteri *Erwinia carotovora*

Grafik 4.4 menunjukkan bahwa pemberian intensitas lampu UV-C berpengaruh dalam menghambat pembusukan daun sawi yang disebabkan oleh paparan bakteri *Erwinia carotovora*. Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin besar intensitas yang diberikan, maka pembusukan daun pada tanaman sawi semakin menurun. Penurunan terendah pembusukan daun sawi selama 5 hari pengamatan terjadi saat tanaman sawi dipapari dengan lampu UV-C intensitas 25 lux. Selisih penurunan antara tanaman kontrol dan saat pemaparan 25 lux sekitar 17% dari keseluruhan daun sawi.

4.1.4 Pengaruh Intensitas Lampu UV-C terhadap Kandungan Klorofil Daun Sawi yang Dipapari Bakteri *Erwinia carotovora*

Pengambilan data untuk kadar klorofil daun sawi menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis dengan mencari nilai absorbansinya. Daun yang

digunakan untuk ekstraksi yaitu daun ke-2 dari atas setiap tanaman. Untuk mendapatkan ekstraksi daun sawi digunakan pelarut berupa aseton 80% agar warna hijau dari daun dapat keluar dengan maksimal. Pengambilan daun dilakukan saat tanaman sawi usia 35 hari atau saat panen. Dalam fotosintesis tanaman terdapat dua jenis klorofil yang sering dijumpai, yaitu klorofil a dan klorofil b (Sumenda, 2011). Klorofil a dan klorofil b ini ada pada panjang gelombang 620 nm – 680 nm. Panjang gelombang yang digunakan untuk pengukuran nilai absorbansi pada daun sawi ini menggunakan panjang gelombang 663 nm dan 645 nm. Nilai absorbansi yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.5 Nilai absorbansi ekstraksi daun sawi yang dipapari bakteri *Erwinia carotovora*

Intensitas (lux)	Rata-rata Nilai Absorbansi	
	645 nm	663 nm
Kontrol	2.1738	1.1776
5	2.3086	1.3028
10	2.919	1.493
15	2.4462	1.5352
20	2.3382	1.4614
25	2.3606	1.6294

Pada tabel 4.4 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan nilai hasil pengujian klorofil daun sawi. Dalam pengujian digunakan pelarut berupa alkohol 70% yang pada umumnya digunakan untuk senyawa antiseptic dan pelarut kimia (Prasyo, 2015). Ekstrak klorofil yang telah diperoleh dari penyaringan dituang ke cuvet sampai garis tanda batas. Cuvet yang telah berisi ekstrak daun sawi kemudian dimasukkan ke dalam Spektrofotometer UV-Vis dan dilihat nilai absorbansinya. Data yang diperoleh pada tabel 4.4 kemudian dihitung nilai klorofil a dan klorofil b nya menggunakan rumus:

$$\text{Klorofil a (mg/L): } 12.7 \text{ D-663} - 2.69 \text{ D-645} \quad (4.1)$$

$$\text{Klorofil b (mg/L): } 22.9 \text{ D-645} - 4.68 \text{ D-663} \quad (4.2)$$

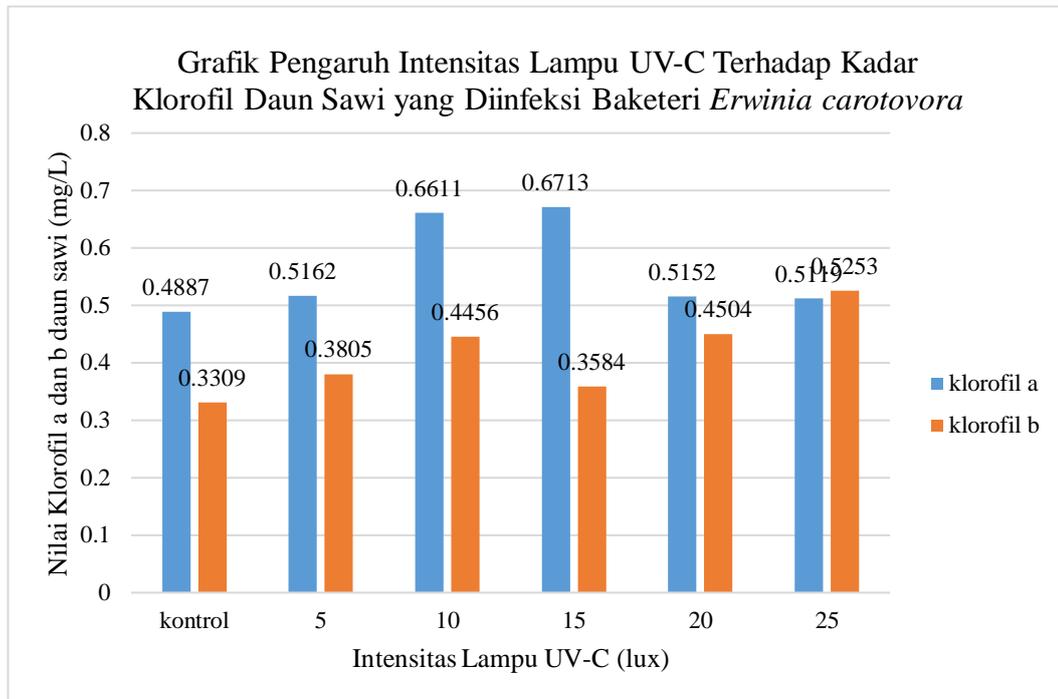
Hasil dari nilai klorofil a dan b dipaparkan dalam bentuk tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data kadar klorofil a dan klorofil b daun sawi

Intensitas (lux)	Kadar Klorofil	
	a (mg/L)	b (mg/L)
Kontrol	0.4887±0.0137	0.3309±0.0280
5	0.5162±0.0138	0.3805±0.0097
10	0.6611±0.0367	0.4456±0.0285
15	0.6713±0.0094	0.3584±0.0063
20	0.5152±0.0074	0.4504±0.0038
25	0.5119±0.0121	0.5253±0.0224

Hasil dari tabel 4. 6 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kadar klorofil antara daun tanaman yang tanpa perlakuan dan yang dipapari dengan lampu UV-C. Saat sampel tidak dipapari dengan lampu UV-C nilai klorofil a 0.4887 ± 0.0137 mg/L dan nilai rata-rata klorofil b yaitu 0.3309 ± 0.0280 mg/L. Pada pemaparan tanaman sawi dengan intensitas lampu UV-C 5 lux nilai klorofil a dan klorofil b adalah 0.5162 ± 0.0138 mg/L dan 0.3805 ± 0.0097 mg/L. Adapun pada saat intensitas 10 lux terjadi peningkatan nilai rata-rata untuk klorofil a menjadi 0.6611 ± 0.0367 mg/L dan nilai klorofil b yaitu 0.4456 ± 0.0285 mg/l. Sedangkan saat tanaman sawi dipapari dengan lampu UV-C intensitas 15 lux, nilai klorofil a naik menjadi 0.6713 ± 0.0094 mg/L akan tetapi nilai klorofil b menjadi 0.3584 ± 0.0063 mg/L. Pada saat pemaparan intensitas 20 lux nilai klorofil a daun semakin menurun yaitu 0.5152 ± 0.0074 mg/L, akan tetapi nilai klorofil b daun meningkat menjadi 0.4504 ± 0.0038 mg/L. Tanaman sawi pada percobaan terakhir dipapari dengan lampu UV-C intensitas 25 lux mempunyai nilai rata-rata klorofil a dan klorofil b yang hamper sama, yaitu sebesar 0.5119 ± 0.0121 mg/L dan 0.5253 ± 0.0224 mg/L.

Dari data 4. 6 maka dapat dijadikan grafik pengaruh intensitas lampu UV-C terhadap kadar klorofil daun sawi yang diinfeksi bakteri *Erwinia Carotovora* seperti pada gambar 4. 6



Gambar 4.5 Grafik pengaruh intensitas lampu UV-C terhadap kadar klorofil daun sawi yang diinfeksi bakteri *Erwinia carotovora*

Pada grafik 4. 5 didapatkan hasil bahwa terjadi perbedaan kadar klorofil a dan klorofil b pada daun tanaman sawi tanpa perlakuan dan dengan perlakuan pada tanaman sawi. Daun tanaman sawi kontrol mempunyai nilai klorofil a dan klorofil b lebih rendah daripada tanaman sawi yang diberikan perlakuan. Hasil rata-rata nilai klorofil a tertinggi yaitu pada saat penyinaran 15 lux yaitu sebesar 0.6713 mg/L. Adapun saat penyinaran 20 lux dan 25 lux nilai rata-rata klorofil a menurun menjadi 0.5152 mg/L dan 0.5119 mg/L. Berdasarkan teori bahwa intensitas cahaya yang terlalu tinggi berpengaruh terhadap menurunnya kadar klorofil pada tumbuhan, begitu pula intensitas cahaya yang terlalu rendah juga menghambat fotosintesis pada tumbuhan (Pombo *et al.*, 2011).

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengaruh Intensitas Paparan Lampu UV-C terhadap Pertumbuhan Morfologi Tanaman Sawi

Tanaman sawi merupakan tanaman hortikultura/tanaman budidaya kebun. Tanaman sawi banyak dimanfaatkan daun dan bunganya sebagai bahan pangan (sayuran). Produktivitas tanaman sawi sering terhambat karena banyaknya hama yang menyerang tanaman. Rata-rata petani menggunakan pestisida atau bahan kimia lain untuk perawatan tanaman agar tidak mudah terserang hama dan meningkatkan produktivitas tanaman. Penggunaan pestisida yang dapat memberikan efek negatif dalam jangka panjang membuat banyak ilmuwan mencari perawatan tumbuhan pengganti pestisida (Kuhlmann, 2009). Salah satu alternatif pengganti pestisida yaitu penggunaan lampu UV-C dosis rendah untuk ketahanan tanaman terhadap hama atau patogen, maupun mempercepat pertumbuhan tanaman.

Penelitian tentang pengaruh pemaparan lampu UV-C terhadap tanaman telah lebih dulu dilakukan oleh (Xie *et al.*, 2015) menunjukkan bahwa pemaparan UV-C meningkatkan jumlah buah tomat dan total berat buah tomat hingga 25% dan 36% dibandingkan dengan tanaman tomat yang tidak dipapari dengan UV-C. Penelitian lain yang dilakukan oleh (Xu *et al.*, 2017) menunjukkan bahwa pemaparan dosis rendah terhadap tanaman stroberi meningkatkan fitohormon pada tanaman yang menghasilkan transisi dari keadaan vegetatif ke meristem reproduksi tanaman. Intensitas cahaya yang diterima tanaman, akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman.

Pada penelitian ini dilakukan pemaparan lampu UV-C terhadap tanaman sawi. Intensitas lampu UV-C yang digunakan untuk pemaparan terhadap tanaman sawi yaitu 5 lux, 10 lux, 15 lux, 20 lux dan 25 lux selama 2 menit setiap minggunya. Berdasarkan pada tabel 4.1, 4.2 dan diketahui bahwa paparan sinar UV-C memberikan dampak positif pada tanaman. Pemaparan lampu UV-C berbanding lurus dengan pertumbuhan tanaman sawi, dimana semakin tinggi intensitas lampu UV-C maka tinggi tanaman sawi dan berat segar tanaman sawi saat panen juga semakin bertambah.

Pada tabel 4.1 dan 4.2 terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara tinggi tanaman dan berat tanaman saat tanaman sawi tidak diberi paparan lampu UV-C sama sekali dan saat tanaman sawi dipapari lampu UV-C. Saat tanaman tanpa pemaparan UV-C tinggi tanaman sawi 21.52 ± 2.152 cm, mempunyai selisih sekitar 6 cm dengan tinggi tanaman saat dipapari lampu UV-C intensitas 25 lux, yaitu 27.34 ± 2.741 cm. Berat tanaman sawi juga bertambah secara konstan dengan ditingkatkannya pemaparan lampu UV-C pada tanaman sawi. berat tanaman sawi tanpa pemaparan yaitu 8.064 ± 1.078 gram selisih sekitar 10 gram dengan berat tanaman sawi saat dipapari lampu UV-C dengan intensitas 25 lux, yaitu 18.648 ± 2.066 gram.

Pada umumnya penanaman sawi dengan metode konvensional tanpa pemberian pupuk sama sekali memiliki tinggi tanaman antara 20-36 cm per tanaman, jumlah daun 10-13 helai per tanaman, dan berat segar tanaman antara 20-50 gram per tanaman. Hasil dari penelitian didapatkan tinggi tanaman sawi dan jumlah daun yang hampir sama dengan penanaman sawi konvensional di area persawahan. Untuk berat basah tanaman sawi hasilnya lebih rendah dari

berat standar tanaman sawi sehat dengan penanaman konvensional tanpa diinfeksi bakteri. Hal ini kemungkinan dikarenakan infeksi bakteri yang menyerang tanaman membuat pertumbuhan bakteri sedikit terhambat, sehingga berat basah tanaman sawi tidak dapat sepenuhnya normal (Sarif, 2015). Pada pemaparan sinar UV-C pada tanaman dengan konsentrasi 25 lux menunjukkan hasil pertumbuhan sawi yang hampir sama dengan penanaman konvensional.

Pemaparan lampu UV-C berbanding lurus dengan pertumbuhan tanaman sawi, dimana semakin tinggi intensitas lampu UV-C maka tinggi tanaman sawi, berat segartanaman saat panen semakin bertambah. Hal ini dikarenakan pemaparan dengan lampu UV-C dapat meningkatkan biomassa dan mempercepat pertumbuhan tanaman, sehingga tanaman dapat dipanen lebih awal (Darras *et al*, 2012).

4.2.2 Pengaruh Intensitas Lampu UV-C Terhadap Menghambat Pembusukan Daun Sawi yang Dipapari Bakteri *Erwinia carotovora*

UV-C merupakan salah satu pengendali mikroba yang sangat kuat padatanaman. Panjang gelombang lampu UV-C berkisar antara 100-280 nm. Lampu UV- C melakukan inaktivasi bakteri yaitu dengan merusak asam nukleat pada bakteri sehingga bakteri maupun mikroorganisme tidak dapat melakukan replika sel. Asam nukleat mengabsorpsi sinar UV dengan panjang gelombang yang berkisar 200 – 310 nm, atau disini merupakan UV-C, sinar UV ini akan merusak struktur DNA dan RNA sehingga mendorong terjadinya kerusakan mikroorganisme yang diawali pada pembentukan dimmer pirimidin pada DNA dan RNA (Can Wang *et al.*, 2019).

Pemaparan lampu UV-C untuk pertahanan tanaman terhadap pathogen

salah satunya dilakukan oleh (Yanqun *et al*, 2018) di mana radiasi UV-C merupakan metode baru yang ramah lingkungan untuk pengendalian penyakit pada tanaman. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh (Charles *et al*, 2008) menunjukkan bahwa dosis radiasi UV-C yang relatif rendah, dengan intensitas yang tidak terlalu tinggi berguna melawan penyakit pada tanaman pasca panen ataupun sebelum panen.

Paparan UV-C berpengaruh terhadap pertahanan daun sawi dari serangan bakteri *Erwinia carotovora*. Pada tabel 4.4 menunjukkan bahwa paparan lampu UV-C terhadap tanaman sawi dengan intensitas 25 lux dan waktu paparan 2 menit mampu menurunkan jumlah daun busuk pada tanaman hingga 5% dibanding dengan tanaman sawi tanpa perlakuan, yaitu 22%. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Vasquez *et al*, 2017) pada tanaman yang dipapari dengan UV-C dapat mengubah RNA tanaman menjadi DNA, sehingga menyebabkan beberapa gen pada tanaman menjadi aktif, yaitu gen yang berkaitan dengan ketahanan terhadap pathogen, gen yang terlibat dalam biosintesis terpen, dan gen yang terlibat dalam biosintesis hormon tanaman dan transduksi sinyal. Paparan lampu UV-C terhadap tanaman sawi berpengaruh signifikan dalam pengendalian bakteri pada tanaman. Selisih pembusukan daun akibat terpapar bakteri antara tanaman kontrol dan tanaman yang dipapari UV-C dengan intensitas 25 lux sekitar 17%. Hal ini menunjukkan bahwa paparan tanaman sawi dengan waktu yang tidak terlalu lama dapat menghambat pembusukan daun. Paparan lampu UV-C pada tanaman dapat disimpulkan mempunyai regulasi penting sebagai faktor anti bakteri dikarenakan interaksi ROS, hormon tanaman, dan terpen yang mudah menguap dalam pembentukan

resistensi penyakit sebagai respon terhadap paparan UV-C prapanen (Yin dan Ulm, 2017).

4.3 Integritas Penelitian dalam Al-Quran

Allah SWT menciptakan tumbuhan dengan beranekaragam, diantaranya ialah sayur-sayuran. Sayur-sayuran mempunyai peran besar dalam kehidupan manusia. Banyak sekali manfaat yang dapat diambil dari mengkonsumsi sayur-sayuran, diantaranya yaitu sumber serat dan vitamin untuk tubuh. Salah satu macam dari sayur-sayuran yaitu tanaman sawi. Tanaman sawi merupakan salah satu sayuran yang sering ditemui, baik di dataran tinggi maupun dataran rendah. Keberadaan sayur-sayuran, juga tanaman sawi merupakan berkah dan nikmat Allah kepada seluruh makhluknya. Hal ini juga dijelaskan dalam Quran surah Abasah ayat 24 sebagai berikut:

فَلْيَنْظُرِ الْإِنْسَانُ إِلَى طَعَامِهِ (٢٤)

“Maka hendaklah manusia itu memerhatikan makanannya (24) (QS. ‘Abasa 24)”

Menurut tafsir Kementrian Agama RI dijelaskan bahwa pada ayat ke-24 Allah memerintahkan manusia untuk memperhatikan makanannya, sebagaimana Allah SWT telah menyiapkan makanan yang halal dan bergizi yang dapat memenuhi kebutuhan hidup manusia. Dari makanan halal dan bergizi manusia dapat melakukan aktivitas dengan baik dan beribadah dengan khusuk.

Tafsir di atas menjelaskan dimana sebagai manusia patut untuk selalu mengkonsumsi makanan yang baik dan halal yang telah diberikan oleh Allah SWT. Mengkonsumsi makanan yang baik dan halal dapat dimulai dari memperhatikan ke higienisan makanan yang akan dimakan terlebih dahulu, salah

satunya yaitu dengan memperhatikan bahwa makanan yang dimakan bebas dari residu. Residu atau zat sisa, salah satunya banyak berasal dari pestisida yang digunakan petani dalam bercocok tanam. Selain meninggalkan residu terhadap tanaman, pestisida juga mempunyai banyak dampak buruk untuk lingkungan, diantaranya yaitu: mengubah struktur tanah, menurunkan kesuburan tanah, pencemaran pada lingkungan pertanian, dll. Hal ini tentu bertentangan dengan firman Allah dalam QS.Al-A'raf ayat 56 untuk selalu menjaga lingkungan di sekitar kita dan tidak merusaknya.

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ حَوْفًا وَقَطْمَعًا إِنَّمَا حَمَتِ اللَّهُ قَرِيبًا مِنَ الْمُحْسِنِينَ (٥٦)

“Dan janganlah kamu membuat kerusakan di bumi setelah (diciptakan) dengan baik. Dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang yang berbuat kebaikan.”

Menurut Tafsir Ibnu Katsir dalam kitabnya Tafsir Ibnu Katsir Jilid 3 halaman 395 penjelasan dari kalimat *“Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya”* yakni bahwa Allah SWT melarang dari melakukan hal-hal yang merusak dan membahayakan setelah dilakukan perbaikan atasnya. Karena jika berbagai macam urusan sudah berjalan dengan baik dan setelah itu terjadi perusakan, maka yang demikian itu lebih berbahaya bagi umat manusia (Abdullah, 2003). Termasuk dari membuat kerusakan di bumi yaitu penggunaan pestisida pada tanaman karena penggunaan pestisida dalam jangka waktu panjang dapat membahayakan lingkungan maupun tubuh manusia yang mengkonsumsi tumbuhan tersebut.

Berdasarkan ayat di atas, manusia diperintahkan untuk tidak merusak apa yang telah diciptakan oleh Allah dengan baik. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk menjaga lingkungan dan tidak merusaknya yaitu mencari alternatif lain sebagai pengganti pestisida untuk pembasmi hama pada tanaman. Alternatif yang dapat digunakan sebagai pengganti pestisida yaitu pemaparan tanaman dengan lampu Ultraviolet.

Pada penelitian ini, memanfaatkan sinar ultraviolet sebagai pengganti pestisida dan pengendali penyakit busuk lunak pada tanaman yang disebabkan oleh bakteri *Erwinia carotovora*. Berdasarkan panjang gelombangnya, sinar ultraviolet yang dapat mengendalikan bakteri yaitu sinar ultraviolet tipe C dengan panjang gelombang 265 nm.

Penjelasan tentang sinar/cahaya juga ada dalam Al-Quran. Dalam Al-Quran dijelaskan tentang manfaat penciptaan cahaya untuk membantu aktivitas makhluk hidup. Seperti firman Allah SWT dalam Q.S An-Nur ayat 35.

اللَّهُ نُورُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ ۗ مِثْلُ نُّورٍ هَكْمَشْكُورَةٍ فِيهَا مِصْبَاحٌ الْمِصْبَاحُ فِي زُجَاجَةٍ
الزُّجَاجَةُ كَأَنَّهَا كَوْكَبٌ دُرِّيٌّ يُوقَدُ مِنْ شَجَرَةٍ مُبْرَكَةٍ زَيْتُونَةٍ لَا شَرْقِيَّةٍ وَلَا غَرْبِيَّةٍ
يَكَادُ زَيْتُهَا يُضِيءُ وَلَوْ لَمْ تَمْسَسْهُ نَارٌ نُورٌ عَلَى نُورٍ ۗ يَهْدِي اللَّهُ لِنُورِهِ مَن يَشَاءُ
وَيَضْرِبُ اللَّهُ الْأَمْثَالَ لِلنَّاسِ وَاللَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ

Artinya: “Allah (pemberi) cahaya (kepada) langit dan bumi. Perumpamaan cahaya-Nya, seperti sebuah lubang yang tidak tembus, yang di dalamnya ada pelita besar. Pelita itu di dalam tabung kaca (dan) tabung kaca itu bagaikan bintang yang berkilauan, yang dinyalakan dengan minyak dari pohon yang diberkahi, (yaitu) pohon zaitun yang tumbuh tidak di timur dan tidak pula di barat, yang minyaknya (saja) hampir-hampir menerangi, walaupun tidak disentuh api. Cahaya di atas cahaya (berlapis-lapis), Allah memberi petunjuk kepada cahaya-Nya bagi orang yang Dia kehendaki, dan Allah membuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia. Dan Allah Maha Mengetahui segala sesuatu.”

Menurut tafsir Kementerian Agama Republik Indonesia dijelaskan bahwasanya Allah menciptakan cahaya pada langit dan bumi, baik cahaya tampak yang bersifat material maupun cahaya immaterial seperti pengetahuan,

keimanan, dan lainnya. Cahaya yang diciptakan terwujud dalam sebuah pelita besar yang tidak akan padam, dan mampu membantu mengumpulkan cahaya lalu memantulkannya (Departemen Agama RI, 2002). Pelita tersebut merupakan bintang yang berkilauan salah satunya adalah matahari. Cahaya yang dipantulkan matahari ke bumi sangat dibutuhkan oleh seluruh makhluk hidup terlebih pada tumbuhan yang digunakan untuk membantu proses fotosintesis. Seperti yang ditunjukkan pada kata “*sehingga sempurna lah sinarnya*” dalam ayat tersebut menunjukkan bahwa Allah telah memberi petunjuk dan perumpamaan-perumpamaan bagi manusia agar dapat mudah memahami kandungannya dan mengambil pelajaran darinya.

Dari penjelasan ayat tersebut telah diadopsi oleh manusia untuk menciptakan lampu UV yang dapat digunakan untuk beberapa kepentingan salah satunya untuk budidaya tanaman. Sinar UV yang diciptakan manusia meskipun tidak sempurna seperti halnya sinar matahari, akan tetapi sinar UV-C dapat membantu proses fotosintesis pada tanaman sehingga proses pertumbuhan pada tanaman tersebut mengalami peningkatan. Dari proses pertumbuhan yang cepat juga dapat menghasilkan hasil panen yang lebih berat. Dengan itu, penggunaan lampu UV terhadap tanaman cocok untuk diterapkan pada daerah yang kekurangan cahaya matahari atau dapat digunakan untuk membantu proses pertumbuhan tanaman pada malam hari.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan:

1. Pemberian paparan lampu UV-C dapat mempengaruhi perkembangan morfologi tanaman sawi yang meliputi tinggi tanaman, jumlah daun pada tanaman, dan berat segar tanaman saat panen.
2. Pemberian paparan lampu UV-C dapat menghambat pembusukan daun sawi yang terpapar bakteri *Erwinia carotovora*. Pembusukan daun sawi dengan persentase terkecil terjadi saat daun sawi diberikan paparan lampu UV-C sebesar 25 lux yaitu 5% dari keseluruhan daun sawi. Persentase terbesar pembusukan daun terjadi saat tanaman sawi tidak diberikan perlakuan sama sekali, yaitu sebesar 22%.
3. Paparan radiasi UV-C memengaruhi kadar klorofil daun sawi, tetapi tidak signifikan. Tanaman sawi tanpa perlakuan mempunyai kadar klorofil a dan b terendah dibanding dengan tanaman sawi dengan perlakuan. Hasil rata-rata nilai klorofil a tertinggi yaitu pada saat penyinaran 15 lux yaitu sebesar 0.6713 mg/l. Adapun saat penyinaran 20 lux dan 25 lux nilai rata-rata klorofil a menurun menjadi 0.5152 mg/l dan 0.5119 mg/l.

4. Saran

Saran untuk peneliti selanjutnya:

Peneliti dapat menambahkan variasi waktu pemaparan lampu UV-C pada tanaman untuk hasil penghambat pembusukan daun yang lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. 2003. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 2*. Bogor: Pustaka Imam Asy-syafi'i.
- Agraris, Aksi Kasinus (AAK). 1999. *Petunjuk Praktis Bertanam Sayur*. Kasinus.Yogyakarta.
- Al-Mahali, Jalaluddin dan Jalaluddin As-Suyuti.2008.*Tafsir Al-JalalainBerikut Asbabul Nuzul, Jilid 1*.Bandung: Penerbit Sinar Baru Algesindo.
- Anonymous. 2020. *Gambar Bakteri Erwinia Carotovora*. Diakses pada 26 Mei 2021.
- Ariyadi, T., Sintadewi.S.2009. Pengaruh Sinar Ultraviolet terhadap Pertumbuhan Bakteri *Bacillus sp* sebagai Bakteri Kontaminan. Semarang: Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Az-Zuhaili Wahbah. 2012. *Fiqih Islam Wa Adillatuhu*. Jakarta: Gema Insani.
- Bintsis, T, Litopoulou-Tzanetaki, E, Robinson, R.K.2000.*Existing and Potential Applications of Ultraviolet Light in the Food Industry – A Critical Review*.J. Sci. Food Agric. Vol. 80: 637–645.
- Cahyono, B. 2003.*Teknik dan Strategi Budidaya Sawi Hijau (Pet-Sai)*.Yayasan Pustaka Nusantara. Yogyakarta.
- Can Wang, Siyi Lu, Zhiwei Zhang. 2019. *Inactivation of Airborne Bacteria using different UV sources: Performance Modeling, Energy Utilization, and Endotoxin Degradation*.Science of the Total Environment.University, Tianjin. Vol. 65(5): 787-795.
- Charles, M Trs., Benhamou, N., Arul, J.2008. *Physiological basis of UV-C induced resistance to Botrytis cinerea in tomato fruit:III*.Postharvest Biol. Technol. Vol. 47: 27–40.
- Darras, A.I., Bali, I., Argyropoulou, E. 2015. *Disease resistance and growth responses in Pelargonium x hortorum plants to brief pulses of UV-C irradiation*. Scientia Horticulturae. Vol. 18(1): 95–101.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. 2020. *Pertumbuhan Tanaman Sawi di Indonesia*.Jakarta: Badan Pusat Statistik Indonesia
- Depatemen Agama R.I.2010.*Al-Quran dan terjemahnya*.Semarang: PT. karya Tolha
- Direktorat Gizi Depatemen Kesehatan RI. 1981. *Daftar Komposisi BahanMakanan*. Jakarta: Penerbit Bhatara Karya Aksara.

- Dr. H. M Subandi. 2010. *Mikrobiologi: Perkembangan, Kajian, dan Pengamatan dalam Perspektif Islam*. Bandung: Penerbit Remaja Rosdakarya.
- Dutra, et al. 2004. *Determination of Sun Protection Factor (SPF) of Sunscreen by Ultraviolet Spectrophotometry*. Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences. Vol. 40: 381-385.
- Dye DW. 1968. *A Taxonomic Study of the Genus Erwinia. I. The "amylovora" group*. New Zeal JSci. Vol11:590–607.
- E.O. Gogo, N. Förster, D. Dannehl, L. Frommherz, B. Trierweiler, A.M. Opiyo, Ch. Ulrichs, S. Huyskens-Keilb. 2018. *Postharvest UV-C Application to Improve Health Promoting Secondary Plant Compound Pattern in Vegetable Amaranth*. Innovative Food Science and Emerging Technologies. Vol. 45(18): 426–437.
- Gardan L, Gouy C, Christen R, & Samson R. 2003. *Elevation of Three Subspecies of Pectobacterium carotovorum to Species Level: Pectobacterium atrosepticum sp. nov., Pectobacterium betavascularum sp. nov. and Pectobacterium wasabiaesp. nov.* International J Syst Evol Microbiol Vol.53(3) :381–391.
- Grossweiner LI. 2005. *The Science of Phototherapy: An Introduction*. USA: Spriger.
- Haryanto, E., Suhartini, T., Rahayu, E dan Sunarjono. H. H. 2007. *Sawi dan Selada*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Hilariòn Vàsquez, Chayma Ouhibi, Yves Lizzi, Nassera Azzouz, Marine Forges, Marc Bardin, Laurent Urban, Jawad Aarrouf. 2017. *Pre-harvest hormetic doses of UV-C radiation can decrease susceptibility of lettuce leaves (Lactuca sativa L.) to Botrytis cinerea L.* Scientia Horticulturae. Vol. 22(2): 04-10.
- Kuhlmann, F., Müller, C. 2009. *Development-dependent effects of UV radiation exposure on broccoli plants and interactions with herbivorous insects*. Env. Exp. Bot. Vol. 66: 61–68.
- Liz Baessler. 2021. *Cole Crop Soft Rot Info: Managing Cole Crops With Soft Rot*. US: Gardening Web.
- Margiyanto, E. 2007. *Budidaya Tanaman Sawi*. Yogyakarta: Yayasan Pustaka Nusantara.
- Pombo, M. A., Rosli, H. G., Martínez, G. A., & Civello, P. M. 2011. *UV-C treatment affects the expression and activity of defense genes in strawberry fruit (Fragaria × ananassa, Duch.)*. Postharvest Biology and Technology. Vol. 59: 94-102.

- Ribeiro, C., Canada, J., & Alvarenga, B. 2012. *Prospects of UV Radiation for Application in Postharvest Technology*. Emirates Journal of Food and Agriculture. Vol. 24: 586–597
- Rukmana, R. 2002. *Bertanam Petsai dan Sawi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Semangun, H. 2000. *Penyakit-penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Seminar Regional Ilmu Penyakit Tumbuhan. 2015. *Peran Ilmu Penyakit Tumbuhan dalam Peningkatan Ketahanan Pangan Nasional*. Bandar Lampung: Perhimpunan Fitopatologi Indonesia Komda Lampung.
- Shihab, Muhammad Quraish. 2001. *Tafsir Al-Misbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Quran*. Jakarta: Lentera Hati.
- Starr MP & Chatterjee AK. 1972. *The Genus Erwinia: Enterobacteria Pathogenic to Plants and Animals*. Annu Rev Microbiol. Vol.2(6):389–426.
- Steiner, Rudolf. 2011. *Laser-Tissue Interaction*. Chapter; Januari 2011.
- Sumenda, L., Rampe, H. L. dan Mantiri, F. R. 2011. *Analisis Kandungan Klorofil Daun Mangga (Mangifera indica L.) pada Tingkat Perkembangan Daun yang Berbeda*. Jurusan Biologi Universitas Sam Ratulangi Manado. Jurnal Bioslogos. Vol. 1(1): 21-24.
- Trimuti Habazar, Firdaus Rivai. 2004. *Bakteri Patogenik Tumbuhan*. Padang: Andalas University Press.
- Tuhumury, G.N.C. 2012. *Residu Pestisida Produk Sayuran Segar di Kota Ambon*. Jurnal Agrologia. Vol. 1(2): 99-105.
- Urban L, Chabane Sari D, Orsal B, Lopes M, Miranda R, Aarrouf J. 2018. *UV-C Light and Pulsed Light as Alternatives to Chemical and Biological Elicitors for Stimulating Plant Natural Defenses Against Fungal Diseases*. Brazil: Molecular Biology, Federal University of Ceara, Fortaleza, CE.
- USEPA. 1999. Phase 2 Report – Review copy. *Futher Site Characterization and Analysis. Volume 2F. Human Health Risk Assesment*. Hudson River PCBs Newyork: Reassessment RI/FS.
- Vasquez, H., Ouhibi, C., Lizzi, Y., Azzouz, N., Forges M., Bardin, M., Aarrouf, J. 2017. *Pre-harvest hermetic doses of UV-C radiation can decrease susceptibility of lettuce leaves (Lactuca sativa L) to Botrytis cinereal L*. Scientia Horticulturae. Vol.222: 32-39.
- Wardle B. 2009. *Principles and Applications of Photochemistry*. New Jersey: Sons Ltd.

- Waluyo L. 2008. *Teknik dan Metode Dasar dalam Mikrobiologi*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang Press.
- Xie, Z., Charles, M. T., Fan, J., Charlebois, D., Khanizadeh, S., Rolland, D., ... Dubé, C. 2015. *Effects of preharvest ultraviolet-C irradiation on fruit phytochemical profiles and antioxidant capacity in three strawberry (Fragaria × ananassa Duch.) cultivars*. Journal of the Science of Food and Agriculture. Vol. 95(14): 2996–3002.
- Xu, Y., Charles, M. T., Luo, Z., Mimee, B., Veronneau, P.-Y., Rolland, D., & Roussel, D. 2017. *Preharvest ultraviolet C irradiation increased the level of polyphenol accumulation and flavonoid pathway gene expression in strawberry fruit*. Journal of Agricultural and Food Chemistry. Vol. 65: 9970–9979.
- Yaganza et al. 2004. *Ultrastructural Alterations of Erwinia carotovora subsp. atroseptica Caused by Treatment with Aluminum Chloride and Sodium Metabisulfite*. American Society for Microbiology. Vol. 70: 2-7.
- Yanqun Xu, Marie Thérèse Charles, Zisheng Luo, Benjamin Mimee, Zhichao Tong, Pierre-Yves Véronneau, Dominique Roussel, Daniel Rolland. 2018. *Ultraviolet-C priming of strawberry leaves against subsequent Mycosphaerella fragariae infection involves the action of reactive oxygen species, plant hormones, and terpenes*. Wiley: Plant, Cell and Environment. Vol. 10(11-13).
- Yin, R., & Ulm, R. 2017. *How plants cope with UV-B: From perception to response*. Current Opinion in Plant Biology. Vol. 37: 42-48.

LAMPIRAN

LAMPIRAN I

Hasil Pengukuran Tinggi Tanaman

Hari ke-	Tinggi Tanaman (kontrol)				
	A	B	C	D	E
14	9	8.7	8.1	7.5	7.2
15	9	9	8.9	7.9	7.5
16	9.3	9.6	9.2	8.1	8.2
17	9.8	9.8	9.9	8.7	8.5
18	9.8	10.1	10.2	9	8.7
19	10.1	10.3	11	9.8	9.1
20	10.2	10.7	12.3	11	9.3
21	10.6	11.6	12.7	11.3	10.2
22	10.8	12.1	13.5	11.8	11
23	11.3	12.9	14.1	12.2	11.8
24	11.8	12.9	14.7	12.8	12.2
25	12.2	13	15.2	13.5	12.5
26	13.4	13.1	15.9	14.1	12.9
27	13.5	13.2	16.5	14.8	13.2
28	14	13.5	17.2	15.6	13.5
29	15	14	17.8	16.2	14.6
30	15.3	15.2	18.6	17.3	15.3
31	15.7	15.4	19.3	18	16
32	16.9	16.1	20.5	19.7	16.2
33	17.3	17.4	22.9	20.4	17.1
34	18.3	18.2	23.1	22.5	18
35	20.5	19.8	23.9	24.7	18.7

Hari ke-	Tinggi Tanaman (5 lux)				
	A	B	C	D	E
14	4.7	8.8	6.7	6.4	11
15	5.3	9.3	7	6.9	11.4
16	5.9	10	7.2	7.2	12
17	6.4	10.6	7.6	7.3	12.4
18	7	10.8	8.5	7.6	12.7
19	7.3	11	9.5	8	13
20	7.7	11.3	10.5	8.2	13.2
21	8.4	12.2	11.8	8.8	13.7
22	8.5	13.4	12.2	9.3	14
23	8.7	13.7	12.4	10	14.5
24	9	14.3	12.7	10.5	15.1

25	9.7	15.6	13	11.2	15.5
26	10	17.2	13.6	12.4	16
27	10.1	18.4	14.2	13.6	16.3
28	10.8	19.8	15	15.3	16.8
29	11.4	20.5	15.5	16.7	17
30	12.6	21.6	16.7	17.5	17.2
31	13.3	22.8	17.6	18	17.6
32	14.7	23.2	18.4	18.8	18
33	15.6	24.7	19.2	19	19.5
34	17	25.5	20.9	19.6	21.2
35	18.7	26.7	21.7	20.2	22.5

Hari ke-	Tinggi Tanaman (10 lux)				
	A	B	C	D	E
14	10.1	7.8	7.3	11.3	7.2
15	10.7	8	8.4	11.8	7.7
16	11.5	8.1	9.1	12.5	8.2
17	12	8.4	10.2	12.8	9
18	12	8.4	10.3	13.1	9.2
19	12.2	8.8	10.4	13.4	9.5
20	12.5	9	10.5	14.2	10
21	13.1	9.6	10.5	14.8	10.4
22	13.2	10.3	10.7	15.7	10.8
23	13.9	10.7	10.9	16.4	11.1
24	14.4	11.4	11	17.2	11.7
25	14.7	11.8	11.1	18.3	12.3
26	14.9	12.1	12.4	19.1	13.5
27	15.2	12.4	13	19.9	14.1
28	17	13.2	13.7	20.8	15.3
29	18.2	14.3	14.2	22.5	16
30	18.6	15	15.8	23.9	17.2
31	19	16.3	16.9	25.1	18.6
32	19.4	17.5	17.7	26	19.5
33	20	18.1	18.4	27.3	20.3
34	21.3	19.8	19.2	28.4	21.9
35	22.9	20.5	21.8	29.2	23

Hari ke-	Tinggi Tanaman (15 lux)				
	A	B	C	D	E
14	8.1	10.9	8.7	9	7.8
15	8.6	11.2	9.1	9.4	8
16	9.6	11.5	9.5	9.7	8.1
17	9.6	11.5	9.5	9.7	8.3
18	9.8	12.4	9.8	10.4	8.6

19	10.2	13.6	10.5	11.4	9.1
20	10.5	13.9	10.8	13	9.5
21	11	14.5	11.5	13.8	10.3
22	11.2	14.7	11.7	14.1	11.6
23	11.7	15.1	12.7	14.5	12.5
24	12.3	15.5	13.2	15.3	13
25	12.8	16	14.5	15.9	13.7
26	13.2	16.3	15.5	16.2	14.3
27	13.4	16.9	16.6	16.8	15.2
28	14.9	18	18.5	18.5	16
29	15.6	19.2	19	19.2	16.7
30	16	20	20.5	20	17.2
31	16.6	20.9	21.5	20.7	18.4
32	17.5	22	23	21.6	19.8
33	18.3	23.4	25.2	22.3	20.5
34	19.5	24.6	26.2	23.5	21.9
35	21	25.5	27.9	25	23.5

Hari ke-	Tinggi Tanaman (20 lux)				
	A	B	C	D	E
14	8.2	7.7	8.8	8.6	8.1
15	8.8	7.9	9.1	9	8.4
16	9.2	8.4	9.5	9.6	8.7
17	10.2	9	10	10.2	8.9
18	10.3	9.2	10.6	10.5	9.4
19	10.6	9.5	11.2	10.8	10.6
20	11.2	10	11.7	11.6	11.2
21	11.7	10.5	12.2	12.5	12.5
22	12.5	10.9	12.9	13	13
23	12.1	11.2	13.2	13.7	13.6
24	13.6	11.7	13.8	14.4	14.7
25	14.2	12.3	14.6	15.1	15.1
26	14.7	12.6	15.2	15.8	16.3
27	15.2	13	16.2	16.2	17.2
28	15.5	13.2	16.4	17.3	18.3
29	16	14	17.5	18.7	19.7
30	17.2	15.3	18.4	19.5	20.4
31	17.2	16	19.6	21.1	21.4
32	18	17.1	20.3	22.4	23
33	18.9	18.4	21.6	24.1	24.2
34	20.1	19.2	22.7	25.9	26.1
35	23.4	23.5	24.6	28.6	28.8

Hari ke-	Tinggi Tanaman (cm) (25 lux)				
	A	B	C	D	E
14	9.4	8.4	7.7	9.1	7.8
15	9.8	9.8	8.3	11.4	8.6
16	10.2	11	9.5	12.3	9.8
17	11	13.5	11	13	10.5
18	11.4	13.7	12.1	14.2	11
19	11.9	14.4	12.5	15.3	12.2
20	12.7	14.8	13.2	16.2	12.8
21	13.7	15.2	14.1	16.9	13.4
22	14.2	15.5	14.9	17	14.2
23	14.8	15.8	15.2	17.5	15
24	15.5	16.2	15.7	18.2	15.7
25	16	16.7	16.2	18.8	16.7
26	16.4	17	17.7	19.4	17.1
27	16.7	17.3	18.2	20.1	18.2
28	17	17.6	19.7	23.9	19.5
29	18.7	19	21.8	25.5	20.5
30	20	20.6	23.1	25.7	21.5
31	20.3	21.5	25.9	28.6	21.5
32	20.5	23.4	26	29.1	22.7
33	21.4	24.1	26.8	29.7	23.6
34	23.5	24.9	27.5	30.4	24.4
35	24.6	25.8	28.6	31.5	26.2

LAMPIRAN II

Hasil Perhitungan Berat Tanaman Sawi Saat Panen

Tanaman	Berat Tanaman Sawi saat Panen (gram) (Kontrol)
A	6.95
B	8.02
C	9.73
D	8.24
E	7.38

Tanaman	Berat Tanaman Sawi saat Panen (gram) (5 lux)
A	7.66
B	10.44
C	9.85
D	8.52
E	8.74

Tanaman	Berat Tanaman Sawi saat Panen (gram) (10 lux)
A	7.98

B	8.56
C	12.19
D	12.02
E	12.73

Tanaman	Berat Tanaman Sawi saat Panen (gram) (15 lux)
A	11.96
B	12.55
C	13.6
D	10.08
E	12.88

Tanaman	Berat Tanaman Sawi saat Panen (gram) (20 lux)
A	12.93
B	11.99
C	11.81
D	13.13
E	13.1

Tanaman	Berat Tanaman Sawi saat Panen (gram) (25 lux)
A	16.66
B	16.48
C	20.37
D	19.73
E	20

LAMPIRAN III

Hasil Perhitungan Nilai Klorofil a dan b Daun Tanaman Sawi

Perlakuan Kontrol		
Tanaman	Klorofil a	Klorofil b
A	0.477	0.323
B	0.498	0.358
C	0.488	0.319
D	0.505	0.294
E	0.473	0.359

Perlakuan 5 lux		
Tanaman	Klorofil a	Klorofil b
A	0.513	0.391
B	0.516	0.385
C	0.518	0.371
D	0.517	0.385
E	0.516	0.368

Perlakuan 10 lux		
Tanaman	Klorofil a	Klorofil b
A	0.665	0.445
B	0.671	0.457
C	0.680	0.452
D	0.517	0.474
E	0.771	0.398

Perlakuan 15 lux		
Tanaman	Klorofil a	Klorofil b
A	0.534	0.472
B	0.537	0.475
C	0.539	0.466
D	0.541	0.484
E	0.540	0.472

Perlakuan 20 lux		
Tanaman	Klorofil a	Klorofil b
A	0.515	0.450
B	0.511	0.445
C	0.514	0.448
D	0.519	0.454
E	0.515	0.453

Perlakuan 25 lux		
Tanaman	Klorofil a	Klorofil b
A	0.527	0.499
B	0.503	0.523
C	0.502	0.523
D	0.500	0.518
E	0.525	0.561

LAMPIRAN IV

Hasil Perhitungan Jumlah Daun Segar Tanaman Sawi

Minggu ke-	Jumlah Daun (Kontrol)				
	A	B	C	D	E
2	4	3	4	3	3
3	6	6	6	7	6
4	5	6	7	7	6
5	7	7	9	8	6

Minggu ke-	Jumlah Daun (5 lux)				
	A	B	C	D	E
2	5	5	4	4	5
3	6	7	6	5	7

4	6	11	6	6	8
5	8	11	8	7	9

Minggu ke-	Jumlah Daun (10 lux)				
	A	B	C	D	E
2	4	5	4	5	5
3	6	6	6	6	7
4	7	7	7	8	6
5	9	9	10	9	8
Minggu ke-	Jumlah Daun (15 lux)				
	A	B	C	D	E
2	5	4	5	5	5
3	7	6	6	6	6
4	7	7	6	7	7
5	9	11	9	8	9

Minggu ke-	Jumlah Daun (20 lux)				
	A	B	C	D	E
2	5	6	5	5	4
3	6	6	7	8	6
4	7	8	10	8	7
5	10	9	12	11	9

Minggu ke-	Jumlah Daun (25 lux)				
	A	B	C	D	E
2	4	4	5	4	4
3	8	6	6	6	6
4	9	9	8	10	9
5	12	12	11	13	12

Lampiran V

Hasil Pengamatan Terhadap Daun Busuk Pada Tanaman

Hari	Perlakuan Kontrol				
	A	B	C	D	E
1	0	0	0	1	2
2	0	0	0	0	0
3	0	1	2	2	3
4	0	0	0	1	1
5	0	0	0	1	2

Hari	Perlakuan 5 lux				
	A	B	C	D	E
1	0	0	0	0	0
2	0	0	1	0	0
3	0	0	1	0	0
4	1	0	1	0	1
5	1	0	2	1	1

Hari	Perlakuan 10 lux				
	A	B	C	D	E
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	1	0	1
4	0	0	1	1	1
5	1	1	2	0	1

Hari	Perlakuan 15 lux				
	A	B	C	D	E
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	1	0	0
4	0	0	1	0	1
5	0	1	2	0	1

Hari	Perlakuan 20 lux				
	A	B	C	D	E
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	0
4	0	0	0	1	1
5	1	0	0	1	1

Hari	Perlakuan 25 lux				
	A	B	C	D	E
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	1	0	1
5	0	1	1	0	1

LAMPIRAN VI

Hasil Uji ANOVA (Tinggi Tanaman)

Tests of Normality

intensitas		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
tinggi tanaman	kontrol	.251	5	.200 [*]	.893	5	.375
	5 lux	.229	5	.200 [*]	.943	5	.690
	10 lux	.357	5	.036	.820	5	.116
	15 lux	.229	5	.200 [*]	.943	5	.690
	25 lux	.251	5	.200 [*]	.893	5	.375

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
kontrol	5	2.1520E1	2.632869	1.177455	18.25086	24.78914	18.700	24.700
5 lux	5	2.1960E1	3.022913	1.351888	18.20656	25.71344	18.700	26.700
10 lux	5	2.3480E1	3.353655	1.499800	19.31589	27.64411	20.500	29.200
15 lux	5	2.4580E1	2.550882	1.140789	21.41266	27.74734	21.000	27.900
20 lux	5	2.5780E1	2.707767	1.210950	22.41786	29.14214	23.400	28.800
25 lux	5	2.7340E1	2.741897	1.226214	23.93549	30.74451	24.600	31.500
Total	30	2.4110E1	3.324657	.606997	22.86855	25.35145	18.700	31.500

Test of Homogeneity of Variances

tinggi tanaman				
Levene Statistic	df1	df2	Sig.	
.064	5	24	.997	

ANOVA

tinggi tanaman					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	125.851	5	25.170	3.103	.027
Within Groups	194.696	24	8.112		
Total	320.547	29			

LAMPIRAN VII

Hasil Uji ANOVA (Jumlah Daun Tanaman)

Tests of Normality

intensitas		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
jumlah daun	kontrol	.231	5	.200 [*]	.881	5	.314
	5 lux	.231	5	.200 [*]	.881	5	.314
	10 lux	.300	5	.161	.883	5	.325
	15 lux	.237	5	.200 [*]	.961	5	.814
	20 lux	.231	5	.200 [*]	.881	5	.314
	25 lux	.300	5	.161	.883	5	.325

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

Descriptives

jumlah daun

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
kontrol	5	7.40	1.140	.510	5.98	8.82	6	9
5 lux	5	8.80	.837	.374	7.76	9.84	8	10
10 lux	5	9.00	.707	.316	8.12	9.88	8	10
15 lux	5	9.40	1.140	.510	7.98	10.82	8	11
20 lux	5	10.80	.837	.374	9.76	11.84	10	12
25 lux	5	12.00	.707	.316	11.12	12.88	11	13
Total	30	9.57	1.716	.313	8.93	10.21	6	13

Test of Homogeneity of Variances

jumlah daun

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.843	5	24	.533

ANOVA

jumlah daun

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	65.367	5	13.073	15.688	.000
Within Groups	20.000	24	.833		
Total	85.367	29			

jumlah daun

Duncan

intensitas	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
kontrol	5	7.40			
5 lux	5		8.80		
10 lux	5		9.00		
15 lux	5		9.40		
20 lux	5			10.80	
25 lux	5				12.00
Sig.		1.000	.337	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

LAMPIRAN VIII

Uji Hasil ANOVA (Bobot Tanaman Sawi)

Tests of Normality

jumlah daun	intensitas	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
jumlah daun	kontrol	.221	5	.200 [*]	.908	5	.455
	5 lux	.208	5	.200 [*]	.964	5	.833
	10 lux	.252	5	.200 [*]	.918	5	.516
	15 lux	.224	5	.200 [*]	.925	5	.561
	20 lux	.301	5	.156	.802	5	.084
	25 lux	.242	5	.200 [*]	.897	5	.393

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

Descriptives

berat tanaman		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
	kontrol	5	7.99200	1.078504	.482321	6.65286	9.33114	6.950	9.730
	5 lux	5	9.04200	1.104636	.494008	7.67041	10.41359	7.660	10.440
	10 lux	5	1.0696E1	1.724914	.771405	8.55424	12.83776	8.560	12.730
	15 lux	5	1.2214E1	1.331908	.595648	10.56022	13.86778	10.080	13.600
	20 lux	5	1.2592E1	.639469	.285979	11.79799	13.38601	11.810	13.130
	25 lux	5	1.8248E1	2.066899	.924345	15.68161	20.81439	15.660	20.370
	Total	30	1.1797E1	3.599629	.657199	10.45321	13.14146	6.950	20.370

Test of Homogeneity of Variances

berat tanaman			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.563	5	24	.054

ANOVA

berat tanaman					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	328.508	5	65.702	33.369	.000
Within Groups	47.255	24	1.969		
Total	375.763	29			

berat tanaman

Duncan					
intensi tas	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
kontrol	5	7.99200			
5 lux	5	9.04200	9.04200		
10 lux	5		1.0696E1	1.0696E1	
15 lux	5			1.2214E1	
20 lux	5			1.2592E1	
25 lux	5				1.8248E1
Sig.		.248	.075	.053	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

LAMPIRAN IX

Uji Hasil ANOVA (Nilai Klorofil a Tanaman Sawi)

Tests of Normality

intensitas		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
klorofil a	kontrol	.192	5	.200 [*]	.947	5	.717
	5 lux	.212	5	.200 [*]	.933	5	.617
	10 lux	.346	5	.051	.796	5	.076
	15 lux	.262	5	.200 [*]	.941	5	.670
	20 lux	.119	5	.200 [*]	.997	5	.998
	25 lux	.219	5	.200 [*]	.897	5	.394

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

Descriptives

klorofil a								
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
kontrol	5	.48879	.013715	.006133	.47176	.50582	.473	.506
5 lux	5	.51829	.013823	.006182	.50113	.53546	.504	.536
10 lux	5	.66110	.036787	.016452	.61543	.70678	.598	.691
15 lux	5	.53874	.009452	.004227	.52700	.55048	.524	.551
20 lux	5	.51528	.007421	.003319	.50607	.52449	.505	.525
25 lux	5	.51393	.012186	.005450	.49880	.52906	.501	.528
Total	30	.53936	.059697	.010899	.51707	.56165	.473	.691

Test of Homogeneity of Variances

klorofil a			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.177	5	24	.091

ANOVA

klorofil a					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.095	5	.019	56.431	.000
Within Groups	.008	24	.000		
Total	.103	29			

klorofil a

Duncan				
intensitas	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
kontrol	5	.48879		
25 lux	5		.51393	
20 lux	5		.51528	
5 lux	5		.51829	
15 lux	5		.53874	
10 lux	5			.66110
Sig.		1.000	.061	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

LAMPIRAN X

Uji Hasil ANOVA (Nilai Klorofil a Tanaman Sawi)

Tests of Normality

intensitas		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
klorofil b	kontrol	.239	5	.200 [*]	.892	5	.370
	5 lux	.293	5	.187	.876	5	.291
	10 lux	.293	5	.184	.885	5	.334
	15 lux	.230	5	.200 [*]	.934	5	.622
	20 lux	.164	5	.200 [*]	.978	5	.921
	25 lux	.327	5	.086	.890	5	.357

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

Descriptives

klorofil a

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
kontrol	5	.48879	.013715	.006133	.47176	.50582	.473	.506
5 lux	5	.51829	.013823	.006182	.50113	.53546	.504	.536
10 lux	5	.66110	.036787	.016452	.61543	.70678	.598	.691
15 lux	5	.53874	.009452	.004227	.52700	.55048	.524	.551
20 lux	5	.51528	.007421	.003319	.50607	.52449	.505	.525
25 lux	5	.51393	.012186	.005450	.49880	.52906	.501	.528
Total	30	.53936	.059697	.010899	.51707	.56165	.473	.691

Test of Homogeneity of Variances

klorofil a

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.177	5	24	.091

ANOVA

klorofil a

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.095	5	.019	56.431	.000
Within Groups	.008	24	.000		
Total	.103	29			

klorofil b

Duncan

intensitas	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
kontrol	5	.33093				
5 lux	5		.38060			
10 lux	5			.44560		
20 lux	5			.45047	.45047	
15 lux	5				.47416	
25 lux	5					.52531
Sig.		1.000	1.000	.695	.065	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

LAMPIRAN XI DOKUMENTAS



Pembuatan media bakteri NA



Proses inokulasi bakteri di LAF



Bakteri *Erwinia carotovora*



Proses suspensi bakteri



Radiasi tanaman dengan lampu UV-C



kondisi tanaman 4 hari pasca inokulasi bakteri



Tanaman sawi usia 30 hari



Pengukuran berat tanaman sawi



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI FISIKA
Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp. / Fax. (0341) 558933
Website : <http://fiska.uin-malang.ac.id>, e-mail : fiska@uin-malang.ac.id

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Nadea Hayatul Nazirah
NIM : 17640015
Fakultas/Program Studi : Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi : PENGARUH SINAR ULTRAVIOLET-C DAN INAKTIVASI FOTODINAMIK UNTUK MENGHAMBAT PERTUMBUHAN BAKTERI *Staphylococcus aureus* PADA BUAH APEL MANALAGI (*Malus Syzyris*)
Pembimbing 1 : Dr. H. M Tirono, M.Si
Pembimbing 2 : Dr. Erna Hastuti, M.Si

• **Konsultasi Fisika**

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1	7 Mei 2021	BAB I,II dan III	
2	20 Mei 2021	BAB I,II dan III	
3	5 Juni 2021	BAB I,II dan III ACC	
4	10 Juni 2022	BAB IV	
5	22 Juni 2022	BAB IV	
6	30 Juni 2022	BAB IV ACC	
7	1 Agustus 2022	Konsultasi BAB IV Penulisan	
8	5 Agustus 2022	Konsultasi Semua BAB dan Abstrak	
9	10 Agustus 2022	Konsultasi Semua BAB, Abstrak dan ACC	

• **Konsultasi Integrasi**

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1	30 Mei 2022	Konsultasi Kajian Agama BAB I-II	
2	14 Juni 2022	Konsultasi Kajian Agama BAB I-III ACC	
3	21 Juni 2022	Konsultasi Kajian Agama BAB IV	
4	1 Agustus 2022	Konsultasi Kajian Agama BAB IV ACC	

Ketua,
Ketua Program Studi
Dr. Anam Tazi, M.Si