

**PENGARUH PAPARAN RADIASI SINAR ULTRAVIOLET (UV-C)  
TERHADAP KANDUNGAN VITAMIN C, KADAR KLOOROFIL DAN  
KETAHANAN TANAMAN SAWI DARI PENYAKIT BUSUK HITAM  
(BLACK ROT)**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**MAZIDATUS SA'DIYAH**  
NIM. 210604110007



**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2025**

**HALAMAN JUDUL**

**PENGARUH PAPARAN RADIASI SINAR ULTRAVIOLET (UV-C)  
TERHADAP KANDUNGAN VITAMIN C, KADAR KLOOROFIL DAN  
KETAHANAN TANAMAN SAWI DARI PENYAKIT BUSUK HITAM  
(*BLACK ROT*)**

**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:  
MAZIDATUS SA'DIYAH  
NIM. 210604110007**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2025**

## HALAMAN PERSETUJUAN

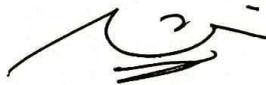
PENGARUH PAPARAN RADIASI SINAR ULTRAVIOLET (UV-C)  
TERHADAP KANDUNGAN VITAMIN C, KADAR KLOROFIL DAN  
KETAHANAN TANAMAN SAWI DARI PENYAKIT BUSUK HITAM  
(BLACK ROT)

SKRIPSI

Oleh:  
MAZIDATUS SA'DIYAH  
NIM. 210604110007

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Pada tanggal, 17 Juni 2025

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



Fikriyatul Azizah Su'ud, M.Si  
NIP. 19930617 202012 2 003

Mengetahui,  
Ketua Program Studi



Sharam Tazi, M.Si  
NIP. 19740730 200312 1 002

## HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH PAPARAN RADIASI SINAR ULTRAVIOLET (UV-C)  
TERHADAP KANDUNGAN VITAMIN C, KADAR KLOOROFIL DAN  
KETAHANAN TANAMAN SAWI DARI PENYAKIT BUSUK HITAM  
(BLACK ROT)

### SKRIPSI

Oleh:  
Mazidatus Sa'diyah  
NIM. 210604110007

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji  
Dan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Pada Tanggal, 24 Juni 2025

Penguji Utama :	<u>Prof. Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si</u> NIP. 19641211 199111 1 001	
Ketua Penguji :	<u>Muthmainnah, M.Si</u> NIP. 19860325 201903 2 009	
Sekretaris Penguji :	<u>Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes</u> NIP. 197508081999031003	
Anggota Penguji :	<u>Fikriyatul Azizah Su'ud, M.Si</u> NIP. 19930617 202012 2 003	

Mengesahkan,  
Ketua Program Studi



Dr. Anam Tazi, M.Si  
NIP. 19670301 200312 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : MAZIDATUS SA'DIYAH  
NIM : 210604110007  
Jurusan : FISIKA  
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI  
Judul Penelitian : Pengaruh Paparan Radiasi Sinar Ultraviolet  
(UV-C) Terhadap Kandungan Vitamin C,  
Kadar Klorofil dan Ketahanan Tanaman Sawi  
Dari Penyakit Busuk Hitam (*Black Rot*)

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

Malang, 26 Juni 2025  
Yang Membuat Pernyataan



Mazidatus Sa'diyah  
NIM. 210604110007

## MOTTO

“Hidup tak selalu berjalan dengan mulus, tetap lakukan semuanya dengan tulus.

Fokus pada tujuan dan konsentrasi pada pencapaian”

“Allah tidak menjanjikan jalan yang mudah, tapi selalu memberi cukup kekuatan

untuk yang terus melangkah”

لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(QS. Al-Baqarah: 286).

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT atas rahmat-Nya sehingga penulis diberikan kesempatan untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik. Pada perjalanan penyelesaian skripsi ini, penulis ingin mempersembahkan skripsi ini kepada:

1. Kedua orang tua saya, ayah dan ibu, Bapak Masrul dan Ibu Siti Nur Wahyuni yang telah mendukung secara penuh dan doa yang tiada henti selalu menemani. Terima kasih banyak atas segala hal yang telah diupayakan untuk putri bungsunya ini, yang telah menjadi penguat dan penyemangat penulis dalam menghadapi segala rintangan yang ada.
2. Kakak tersayang, Maslikhatul Amalia dan suaminya yang telah memberikan bantuan, motivasi dan nasihat kepada penulis, yang menjadi *role of model* penulis dalam menjalani kehidupan selama ini untuk terus bergerak lebih baik dan lebih hebat.
3. Keponakan tercinta, M. Farzana Althaf Firdaus yang telah membuat hari-hari penulis lebih ceria dengan tingkah lucunya meskipun terkadang hanya bisa berjumpa di layar *handphone* saja.
4. Keluarga besar baik dari keluarga ayah dan ibu, Bani Mistir dan Bani Khalim yang memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis serta mendoakan yang terbaik untuk penulis.
5. Guru-guru, ustaz ustazah serta dosen-dosen yang telah memberikan ilmunya kepada penulis sejak kecil mulai dari bangku sekolah TK sampai di bangku perkuliahan, jasa kalian tidak dapat dibalas dengan apapun.
6. Untuk diri sendiri, Mazidatus Sa'diyah, selamat sudah melewati semua ini.

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT atas segala berkat dan rahmat-Nya karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis diberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian yang berjudul “Pengaruh Paparan Radiasi Sinar Ultraviolet (UV-C) Terhadap Kandungan Vitamin C, Kadar Klorofil dan Ketahanan Tanaman Sawi Dari Penyakit Busuk Hitam (*Black Rot*)” dengan baik yang menjadi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Tak lupa shalawat serta salam semoga tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang diutus untuk membimbing umat manusia dari zaman kegelapan menuju zaman yang penuh cahaya, yaitu agama Islam.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak dapat berjalan dengan baik tanpa bantuan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainudin, M.A., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Imam Tazi, M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes. dan Fikriyatul Azizah Su’ud, M.Si., selaku dosen pembimbing skripsi yang senantiasa sabar dan bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan, saran selama proses penyusunan skripsi.

5. Prof. Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si dan Muthmainnah, M.Si., selaku dosen penguji yang senantiasa memberikan saran dan arahan yang baik untuk kesempurnaan skripsi.
6. Seluruh dosen Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa berkontribusi dalam peningkatan wawasan dan pengetahuan yang tiada batasnya.
7. Staff laboratorium dan staff administrasi Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa membantu dan memberikan fasilitas serta pelayanan yang baik.
8. Kedua orang tua, Bapak Masrul dan Ibu Siti Nur Wahyuni yang senantiasa selalu mendampingi, mendoakan dan memberikan dukungan penuh untuk proses penyusunan skripsi ini.
9. Kakak perempuan sekeluarga yang kebersamai dan memberikan nasihat untuk penulis dalam proses penyusunan skripsi ini.
10. Keluarga penulis baik dari keluarga ayah maupun keluarga ibu, Bani Mistir dan Bani Khalim yang senantiasa mendukung dan memberikan motivasi kepada penulis. Terima kasih atas keharmonisan dan kehangatan yang telah diciptakan sehingga penulis merasa bangga berada di tengah-tengah keluarga ini.
11. Teman-teman penulis, yaitu Donyat Logis (Intan Aulia Agustin, Annisa Rizka Fatihah, Almaida Enggar Ashari, Devita Amelia Kusnia Wati, Rahma Wury Aprillya, Renita Elok Pebriyanti dan Amelya Tanjung Risgunawati) yang telah kebersamai penulis apapun yang terjadi, yang menemani penulis dalam suka dan duka, yang telah menerima segala kekurangan dan tidak

meninggalkan penulis yang penuh kekurangan ini dalam keadaan apapun. Terima kasih telah kebersamai dari awal perkuliahan sampai berada pada titik ini.

12. Teman sekamar penulis, Linda Dwi Afianti, teman sejak awal SMA hingga saat ini yang menjadi partner dalam menjalani hari-hari di dunia perantauan ini, yang membantu penulis dalam segala hal.
13. Teman seperjuangan *greenhouse*, Ratnatus Sa'adah menjadi partner penelitian penulis, yang kebersamai dan membantu penulis dalam melaksanakan penelitian sampai berhasil.
14. Teman-teman fisika angkatan 2021 dan teman-teman lain yang senantiasa mendampingi, selalu ada dalam suka dan duka, memberikan motivasi dan dukungan dalam proses penyusunan skripsi ini.
15. Seluruh pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak bisa disebutkan satu per satu.
16. Untuk penulis, Mazidatus Sa'diyah yang telah bertahan sampai sejauh ini. Yang telah berhasil melewati semua rintangan dan tantangan yang ada. Kadang merasa lemah namun harus dipaksa kuat.

Penulis berharap adanya kritik dan saran untuk perbaikan dalam penyusunan selanjutnya. Semoga penyusunan skripsi ini dapat memberikan kontribusi positif dan bermanfaat bagi pembaca.

Malang, 26 Juni 2025  
Penulis

Mazidatus Sa'diyah

## DAFTAR ISI

COVER .....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....	v
MOTTO.....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
ABSTRAK.....	xv
ABSTRACT .....	xvi
مستخلص البحث.....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	7
1.3 Tujuan .....	7
1.4 Manfaat .....	8
1.5 Batasan Masalah .....	8
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>10</b>
2.1 Sinar Ultraviolet .....	10
2.2 Sinar Ultraviolet (UV-C).....	14
2.2.1 Pengertian Sinar Ultraviolet (UV-C).....	15
2.2.2 Pengaruh Sinar UV-C Pada Pertumbuhan Tanaman .....	17
2.2.3 Pengaruh Sinar UV-C Terhadap Pertumbuhan Bakteri .....	18
2.3 Tanaman Sawi ( <i>Brassica juncea L.</i> ) .....	19
2.3.1 Struktur Fisik Tanaman Sawi.....	19
2.3.2 Klasifikasi Tanaman Sawi .....	21
2.3.3 Jenis-Jenis Tanaman Sawi .....	21
2.3.4 Kandungan Tanaman Sawi .....	24
2.4 Bakteri <i>Xanthomonas campestris</i> .....	25
2.4.1 Klasifikasi Bakteri <i>Xanthomonas campestris</i> .....	25
2.4.2 Bakteri <i>Xanthomonas campestris</i> Penyebab Busuk Hitam .....	25
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	29
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	29
3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....	30
3.3.1 Alat Penelitian.....	30
3.3.2 Bahan Penelitian .....	30
3.4 Diagram Alir Penelitian .....	31
3.5 Prosedur Penelitian .....	32

3.5.1 Tahap Penyemaian dan Pemilihan Benih.....	32
3.5.2 Tahap Penanaman .....	33
3.5.3 Tahap Pembuatan Media dan Penyemprotan Bakteri.....	33
3.5.3.1 Pembuatan Media .....	33
3.5.3.2 Isolat Bakteri .....	34
3.5.3.3 Suspensi Bakteri.....	34
3.5.3.4 Penyemprotan Bakteri.....	35
3.5.4 Tahap Pemaparan Sinar UV-C.....	35
3.5.5 Tahap Uji Ketahanan .....	36
3.5.6 Tahap Uji Kandungan .....	36
3.5.6.1 Tahap Uji Kandungan Vitamin C .....	36
3.5.6.2 Tahap Uji Kadar Klorofil .....	37
3.6 Pengambilan Data.....	38
3.7 Analisis Data .....	41
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>42</b>
4.1 Hasil Penelitian.....	42
4.2 Pembahasan.....	65
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>78</b>
5.1 Kesimpulan.....	78
5.2 Saran .....	78
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>80</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>85</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Spektrum Gelombang Ultraviolet .....	11
<b>Gambar 2.2</b> Struktur DNA Pecah Akibat Sinar UV-C.....	18
<b>Gambar 2.3</b> Tanaman Sawi Hijau.....	19
<b>Gambar 2.4</b> Sawi Hijau .....	22
<b>Gambar 2.5</b> Sawi Putih.....	22
<b>Gambar 2.6</b> Sawi Caisim .....	23
<b>Gambar 2.7</b> Sawi Pahit .....	23
<b>Gambar 2.8</b> Sawi Keriting .....	24
<b>Gambar 2.9</b> Bakteri <i>Xanthomonas campestris</i> .....	25
<b>Gambar 2.10</b> Bakteri <i>Xanthomonas campestris</i> pada Tanaman Sawi.....	27
<b>Gambar 4.1</b> Grafik Kurva Standar Kandungan Vitamin C.....	44
<b>Gambar 4.2</b> Grafik Pengaruh Paparan Radiasi Sinar UV-C terhadap Kandungan Vitamin C.....	46
<b>Gambar 4.3</b> Grafik Pengaruh Paparan Radiasi Sinar UV-C terhadap Kadar Klorofil a.....	51
<b>Gambar 4.4</b> Grafik Pengaruh Paparan Radiasi Sinar UV-C terhadap Kadar Klorofil b .....	56
<b>Gambar 4.5</b> Grafik Pengaruh Paparan Radiasi Sinar UV-C terhadap Ketahanan Tanaman Sawi (Sifat Organoleptik Warna) .....	61
<b>Gambar 4.6</b> Grafik Pengaruh Paparan Radiasi Sinar UV-C terhadap Ketahanan Tanaman Sawi (Sifat Organoleptik Tekstur).....	64
<b>Gambar 4.7</b> Mekanisme Sinar UV-C Pada Sel Tanaman .....	67

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Kandungan Nutrisi Pada Tanaman Sawi .....	24
<b>Tabel 3.1</b> Data Kadar Klorofil a Tanaman Sawi .....	39
<b>Tabel 3.2</b> Data Kadar Klorofil b Tanaman Sawi.....	39
<b>Tabel 3.3</b> Data Organoleptik Warna Tanaman Sawi.....	40
<b>Tabel 3.4</b> Data Organoleptik Tekstur Tanaman Sawi .....	40
<b>Tabel 4.1</b> Data Nilai Absorbansi Larutan Standar Vitamin C.....	43
<b>Tabel 4.2</b> Data Hasil Pengaruh Sinar UV-C Terhadap Kandungan Vitamin C Tanaman Sawi Setelah Dipapari Bakteri <i>Xanthomonas campestris</i> .....	44
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Uji Faktorial Nilai Kandungan Vitamin C .....	47
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Uji DMRT Intensitas Sinar UV-C Kandungan Vitamin C .....	47
<b>Tabel 4.5</b> Hasil Uji DMRT Lama Paparan Terhadap Kandungan Vitamin C .....	48
<b>Tabel 4.6</b> Hasil Uji DMRT Intensitas Sinar UV-C dan Lama Paparan Terhadap Kandungan Vitamin C.....	48
<b>Tabel 4.7</b> Data Hasil Pengaruh Sinar UV-C Terhadap Kadar Klorofil a Tanaman Sawi Setelah Dipapari Bakteri <i>Xanthomonas campestris</i> .....	49
<b>Tabel 4.8</b> Hasil Uji Faktorial Nilai Kadar Klorofil a.....	52
<b>Tabel 4.9</b> Hasil Uji DMRT Intensitas Sinar UV-C Terhadap Kadar Klorofil a .....	53
<b>Tabel 4.10</b> Hasil Uji DMRT Lama Paparan Terhadap Kadar Klorofil a .....	53
<b>Tabel 4.11</b> Hasil Uji DMRT Intensitas Sinar UV-C dan Lama Paparan Terhadap Kadar Klorofil a.....	54
<b>Tabel 4.12</b> Data Hasil Pengaruh Sinar UV-C Terhadap Kadar Klorofil b Tanaman Sawi Setelah Dipapari Bakteri <i>Xanthomonas campestris</i> .....	54
<b>Tabel 4.13</b> Hasil Uji Faktorial Nilai Kadar Klorofil b .....	57
<b>Tabel 4.14</b> Hasil Uji DMRT Intensitas Sinar UV-C Terhadap Kadar Klorofil b ..	58
<b>Tabel 4.15</b> Hasil Uji DMRT Lama Paparan Terhadap Kadar Klorofil b.....	58
<b>Tabel 4.16</b> Hasil Uji DMRT Intensitas Sinar UV-C dan Lama Paparan Terhadap Kadar Klorofil b .....	59
<b>Tabel 4.17</b> Data Hasil Pengaruh Sinar UV-C Terhadap Ketahanan Tanaman Sawi Ditinjau dari Sifat Organoleptik Warna .....	60
<b>Tabel 4.18</b> Hasil Uji Kruskal-Wallis H Terhadap Sifat Organoleptik Warna .....	62
<b>Tabel 4.19</b> Data Hasil Pengaruh Sinar UV-C Terhadap Ketahanan Tanaman Sawi Ditinjau dari Sifat Organoleptik Tekstur.....	63
<b>Tabel 4.20</b> Hasil Uji Kruskal-Wallis H Terhadap Sifat Organoleptik Tekstur.....	64

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Penelitian.....	86
Lampiran 2. Rumus Mencari x dan y Kandungan Vitamin C.....	88
Lampiran 3. Gambar Penelitian.....	88
Lampiran 4. Gambar Data Tanaman Sawi .....	91
Lampiran 5. Uji Faktorial SPSS .....	93
Lampiran 6. Uji DMRT.....	94
Lampiran 7. Uji <i>Kruskal-Wallis</i> H Warna dan Tekstur .....	96
Lampiran 8. Coding Analisis Warna dan Tekstur .....	96

## ABSTRAK

Sa'diyah, Mazidatus. 2025. **Pengaruh Paparan Radiasi Sinar Ultraviolet (UV-C) Terhadap Kandungan Vitamin C, Kadar Klorofil dan Ketahanan Tanaman Sawi Dari Penyakit Busuk Hitam (*Black Rot*)**. Skripsi. Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes (II) Fikriyatul Azizah Su'ud, M.Si

---

**Kata Kunci:** sinar UV-C, tanaman sawi, vitamin C, klorofil, busuk hitam, *Xanthomonas campestris*

Kebutuhan konsumsi tanaman sawi di Indonesia semakin meningkat namun produktivitas tanaman sawi masih rendah, salah satunya disebabkan oleh penyakit busuk hitam akibat bakteri *Xanthomonas campestris*. Penggunaan pestisida menjadi solusi seringkali tidak digunakan sesuai dosis dan ketentuan sehingga berdampak buruk pada lingkungan dan kesehatan manusia. Upaya yang dapat dilakukan dengan menggunakan sinar UV-C karena ramah lingkungan dan berkelanjutan sehingga keseimbangan alam tetap terjaga. Tanaman sawi dipilih karena merupakan sayuran yang banyak dikonsumsi masyarakat dan memiliki kandungan nutrisi tinggi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan variasi intensitas sinar UV-C (50, 100 dan 175  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) dan lama paparan (5, 15 dan 30 menit) serta dilakukan tiga kali pengulangan. Tanaman sawi disemprot dengan bakteri *Xanthomonas campestris* pada hari ke-30 setelah tanam selanjutnya dipapari sinar UV-C pada hari ke-31. Setelah 7 hari, dilakukan pengamatan terhadap sifat organoleptik (warna dan tekstur) serta uji kandungan serta kadar klorofil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelompok perlakuan dapat meningkatkan kandungan vitamin C dan kadar klorofil secara signifikan dibandingkan kelompok kontrol. Selain itu, tanaman sawi yang dipapari UV-C juga menunjukkan ketahanan lebih baik terhadap penyakit busuk hitam terlihat dari hasil organoleptik warna yang hijau dan tekstur yang tidak layu. Paparan sinar UV-C dengan intensitas 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  selama 30 menit menunjukkan hasil paling optimal terhadap peningkatan kualitas fisiologis tanaman. Dengan demikian, metode UV-C berpotensi menjadi alternatif yang efektif dan ramah lingkungan.

## ABSTRACT

Sa'diyah, Mazidatus. 2025. **The Effect of Ultraviolet (UV-C) Radiation Exposure on the Vitamin C Content, Chlorophyll Levels, and Resistance of Mustard Greens to Black Rot Disease.** Undergraduate Thesis. Physics Study Program, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisors: (I) Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes (II) Fikriyatul Azizah Su'ud, M.Si

---

**Keywords:** UV-C light, mustard plants, vitamin C, chlorophyll, black rot, *Xanthomonas campestris*

The need for mustard greens consumption in Indonesia is increasing but the productivity of mustard greens is still low, one of which is caused by black rot disease caused by the bacteria *Xanthomonas campestris*. The use of pesticides is a solution that is often not used according to the dosage and provisions so that it has a negative impact on the environment and human health. Efforts that can be made are by using UV-C light because it is environmentally friendly and sustainable so that the balance of nature is maintained. Mustard greens were chosen because they are vegetables that are widely consumed by the community and have high nutritional content. The method used in this study is an experimental method with variations in UV-C light intensity (50, 100 and 175  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) and exposure time (5, 15 and 30 minutes) and three repetitions. Mustard greens were sprayed with *Xanthomonas campestris* bacteria on the 30th day after planting and then exposed to UV-C light on the 31st day. After 7 days, observations were made on organoleptic properties (color and texture) and tests for vitamin C content and chlorophyll levels. The results showed that the treatment group could increase vitamin C content and chlorophyll levels significantly compared to the control group. In addition, mustard plants exposed to UV-C also showed better resistance to black rot disease as seen from the organoleptic results of green color and non-wilted texture. Exposure to UV-C light with an intensity of 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  for 30 minutes showed the most optimal results for improving the physiological quality of plants. That the UV-C method has the potential to be an effective and environmentally friendly alternative.

## مستخلص البحث

سعدية، مزيدتوس. 2025. تأثير تعرض الإشعاع فوق البنفسجي (UV-C) على محتوى فيتامين C وكمية الكلوروفيل ومقاومة نبات السلق لمرض التعفن الأسود. بحث جامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج.

المشرف: (I) الدكتور. هـ. أجوس موليونو، الماجستير (II) فكرية العزيزة سعود، الماجستير

الكلمة الرئيسية: الأشعة فوق البنفسجية C، نبات اللفت، فيتامين C، الكلوروفيل، العفن الأسود، الإكسانتوموناس كامبيستريس

تزداد حاجة استهلاك نبات الخردل في إندونيسيا، ولكن لا تزال إنتاجية نبات الخردل منخفضة، وذلك جزئيًا بسبب مرض التعفن الأسود الناتج عن بكتيريا زانثوموناس كامبيستريس. غالبًا ما لا يتم استخدام المبيدات الحشرية كحل حسب الجرعات والتوجيهات، مما يؤثر سلبيًا على البيئة وصحة الإنسان. من الجهود التي يمكن القيام بها استخدام أشعة UV-C لأنها صديقة للبيئة ومستدامة، مما يحافظ على توازن الطبيعة. تم اختيار نبات السايو لأنه من الخضروات التي يستهلكها الناس بكثرة ويحتوي على نسبة عالية من العناصر الغذائية. الطريقة المستخدمة في هذه الدراسة هي الطريقة التجريبية مع تباين شدة الأشعة فوق البنفسجية UV-C (50، 100 و 175  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) ومدة التعرض (5، 15 و 30 دقيقة) وتمت الدراسة ثلاث مرات. تم رش نبات السايو ببكتيريا زانثوموناس كامبيستريس في اليوم الثلاثين بعد الزراعة، ثم تم تعريضه للأشعة فوق البنفسجية UV-C في اليوم الحادي والثلاثين. بعد 7 أيام، تم إجراء ملاحظات على الخصائص الحسية (اللون والملمس) بالإضافة إلى اختبار محتوى فيتامين C ونسبة الكلوروفيل. أظهرت نتائج البحث أن مجموعة المعالجة يمكنها زيادة محتوى فيتامين C وتركيز الكلوروفيل بشكل كبير مقارنة بمجموعة التحكم. بالإضافة إلى ذلك، أظهرت نباتات الخردل المعرضة للأشعة فوق البنفسجية C-مقاومة أفضل للأمراض مثل الفطريات السوداء، كما يتضح من النتائج الحسية التي تظهر اللون الأخضر والملمس غير المذبل. لقد أظهرت الأشعة فوق البنفسجية C-بمدى كثافة 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  لمدة 30 دقيقة أفضل النتائج في تعزيز الجودة الفسيولوجية للنباتات. وبالتالي، فإن طريقة الأشعة فوق البنفسجية C-لديها القدرة على أن تكون بديلاً فعالاً وصديقاً للبيئة.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia sebagai negara agraris yang sebagian besar penduduknya bekerja sebagai petani dan memiliki lahan pertanian luas dengan didukung iklim tropis sehingga berbagai macam tanaman dapat tumbuh dengan baik. Tanaman sawi dalam bahasa latin *Brassica juncea L.* menjadi salah satu jenis tanaman yang banyak dibudidayakan sebagai sayuran dan sering dikonsumsi oleh masyarakat. Tanaman sawi cocok dibudidayakan di dataran tinggi dan dataran rendah karena tanaman sawi memiliki ketahanan terhadap lingkungan baik dalam suhu yang rendah maupun tinggi. Selain itu, tanaman sawi memiliki banyak manfaat untuk menghilangkan batuk dan gatal pada tenggorokan, memperbaiki ginjal dan sistem pencernaan (Ibrahim & Ramlin, 2018).

Tanaman sawi banyak memiliki kandungan nutrisi seperti mineral, vitamin (A, B, dan C), karbohidrat, lemak, protein, kalsium (Ca), zat besi (Fe) dan fosfor (P). Pertumbuhan tanaman sawi dipengaruhi oleh unsur hara dalam tanah, baik unsur makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), dan sulfur (S). Tanaman sawi mudah ditanam dan peka terhadap perubahan lingkungan sehingga sering digunakan dalam berbagai penelitian seperti uji ketahanan, uji kesuburan tanaman, pengaruh kekurangan hara, serta bioremediasi (Riska, 2022).

Saat ini kebutuhan tanaman sawi semakin meningkat karena populasi manusia yang meningkat, namun lahan pertanian semakin sempit sehingga para petani terutama yang tinggal di daerah perkotaan memaksimalkan penggunaan lahan sebaik mungkin untuk mencapai tingkat produksi yang paling tinggi. Salah

satu cara yang sering dilakukan adalah menggunakan media tanam polybag untuk menanam tanaman sayuran (Sanga et al., 2024).

Menurut data dari Badan Pusat Statistik, kebutuhan konsumsi tanaman sawi di Indonesia meningkat dari 532.370 ton menjadi 539.800 ton pada tahun 2017. Namun, produktivitas tanaman sawi menurun dari 10.23 t/ha menjadi 9.92 t/ha sehingga dapat dikatakan produksi tanaman sawi belum memenuhi kebutuhan masyarakat. Hal ini disebabkan oleh lahan tanaman semakin sempit dan produktivitas tanaman sawi masih rendah. Salah satu penyebab rendahnya produktivitas tanaman sawi adalah serangan penyakit busuk hitam (*black rot*) yang disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas campestris*. Jika terserang penyakit busuk hitam ini mengakibatkan daun menguning dan pucat pada bagian tepi hingga tengah daun (WHO, 2018).

Penyakit busuk hitam (*black rot*) karena bakteri *Xanthomonas campestris* adalah salah satu penyakit utama pada tanaman kelompok *brassicaceae*, termasuk tanaman sawi. Penyakit ini dapat menyerang seluruh bagian tanaman dengan gejala awalnya daun yang menguning di tepi kemudian mengering dan terlihat seperti terbakar berbentuk huruf V mengikuti alur tulang daun. Bakteri ini menginfeksi jaringan pengangkut tanaman kemudian menyebar ke seluruh bagian tanaman melalui jaringan tersebut. Jaringan pengangkut tanaman yang terinfeksi berubah menjadi hitam yang terlihat seperti garis hitam yang memotong batang daun atau batang utama secara melintang (Af'idzatuttama et al., 2023).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengendalikan bakteri *Xanthomonas campestris* penyebab busuk hitam adalah menggunakan pestisida. Namun penggunaan pestisida pada tanaman holtikultura sering tidak sesuai dosis

yang disarankan. Petani menggunakan perkiraan dalam menggunakan pestisida hingga menjadi overdosis. Penelitian yang dilakukan oleh An et al. (2019) menunjukkan jika 20% pestisida digunakan dengan benar sedangkan 80% pestisida digunakan secara berlebihan yang dapat menyebabkan kerusakan tanah baik dari bidang fisika, kimia, maupun biologi. Semakin tinggi penggunaan pestisida pada tanaman maka semakin tinggi dampak negatif yang ditimbulkan seperti munculnya hama baru. Selain itu dapat menyebabkan efek buruk pada manusia dalam jangka panjang.

Allah menciptakan bumi dan seisinya dalam keadaan sempurna, manusia diberi tanggung jawab untuk menjaga kelestarian lingkungan agar tercipta hubungan yang seimbang dan harmonis antara manusia dan alam. Hal ini berhubungan dengan penggunaan pestisida secara berlebihan yang menyebabkan dampak negatif seperti merusak lingkungan. Allah berfirman pada Surah Al-A'raf [7]: 56 sebagai berikut:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

Artinya: *“Dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah (diciptakan) dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang yang berbuat kebaikan..”* (Q.S. Al-A'raf [7]: 56).

Menurut tafsir Syaikh Dr. Muhammad Sulaiman Al-Asyqar, pada ayat tersebut menjelaskan bahwa kerusakan yang nyata di alam seperti merusak pepohonan dan lingkungan. Dengan kata lain, segala bentuk kerusakan terhadap alam termasuk dalam larangan tersebut. Hal ini sejalan dengan tafsir M. Quraish Shihab yang menyebutkan bahwa Allah melarang adanya kerusakan di bumi dan memerintahkan manusia untuk menjaganya karena bumi telah diciptakan dalam

keadaan baik dan seimbang. Perbuatan merusak diartikan sebagai segala tindakan yang menyebabkan suatu hal menjadi kehilangan manfaat atau tidak bisa berfungsi sebagaimana mestinya. Misalnya, jika tanah yang subur tercemar sehingga tidak bisa lagi digunakan untuk menanam itu sudah termasuk bentuk kerusakan lingkungan (Latifah et al., 2023).

Ayat ini memiliki hubungan integrasi dengan penggunaan pestisida secara berlebihan. Salah satu bentuk nyata dari kerusakan lingkungan yang sering terjadi di bidang pertanian adalah penggunaan pestisida secara berlebihan. Pestisida memang berfungsi membunuh hama dan penyakit pada tanaman tetapi jika digunakan tidak sesuai ketentuan penggunaannya, maka zat kimia di dalam pestisida dapat merusak struktur dan kesuburan tanah, mencemari lingkungan, mengganggu keseimbangan ekosistem dan bahkan membahayakan kesehatan manusia serta makhluk hidup lainnya. Maka dari itu, salah satu penerapan dari ayat ini yaitu dengan menggunakan metode pertanian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan seperti menggunakan sinar UV-C agar keseimbangan alam tetap terjaga.

Metode sinar UV-C menjadi salah satu upaya yang dapat diterapkan dan memiliki peluang besar dalam menyelesaikan segala permasalahan yang ada. Sinar UV-C memiliki penerapan secara luas dalam bidang medis maupun ketahanan pangan dan pertanian. Sinar UV-C memiliki manfaat yang baik salah satunya dapat mengendalikan bakteri pada tanaman, memperkecil tingkat kerusakan pada tanaman sawi, serta mempertahankan kandungan seperti kandungan vitamin C dan kadar klorofil pada tanaman sawi. Pemberian intensitas yang tepat dari sinar UV-C

dapat mempertahankan sifat organoleptik seperti warna dan tekstur tanaman sawi tanpa mengurangi kandungan nutrisinya.

Penerapan menggunakan sinar UV-C sebagai upaya yang dapat mempertahankan kandungan pada tanaman sawi terbukti dari penelitian yang telah dilakukan oleh Gastol & Blaszczyk (2024) yang menunjukkan bahwa paparan sinar UV-C dapat meningkatkan kandungan polifenol, flavonoid dan antioksidan seperti vitamin C pada buah. Penelitian ini menunjukkan bahwa dosis UV-C yang tepat dapat menghambat penurunan kadar klorofil dan menjaga kandungan vitamin C pada buah selama penyimpanan. Penelitian ini berfokus pada buah-buahan, sedangkan respons tanaman sayuran seperti pada tanaman sawi terhadap perlakuan UV-C dan ketahanan terhadap penyakit busuk hitam (*black rot*) belum banyak diteliti.

Penelitian juga dilakukan oleh Liu et al. (2022) menunjukkan bahwa sinar UV-C dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap bakteri *Xanthomonas campestris* yang menyebabkan penyakit busuk hitam pada tanaman kubis, sehingga belum dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai bagaimana perlakuan UV-C dapat mempengaruhi ketahanan tanaman sawi terhadap penyakit akibat bakteri *Xanthomonas campestris* dengan menganalisis kandungan vitamin C dan kadar klorofilnya.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Risky et al. (2021) juga menunjukkan sinar UV-C memiliki potensi yang signifikan dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap infeksi penyakit tanpa penggunaan bahan kimia berbahaya menjadikan sinar UV-C suatu metode yang ramah lingkungan dan efektif untuk meningkatkan kualitas tanaman dan memperbaiki kualitas hasil pertanian. Namun,

beberapa penelitian yang ada lebih fokus pada efek radiasi UV terhadap patogen, seperti bakteri dan jamur tanpa memberikan pembahasan mengenai dampak dari sinar UV-C terhadap parameter fisiologis tanaman seperti kandungan vitamin C dan kadar klorofil.

Penelitian oleh Vasquez et al. (2020) menunjukkan jika dosis energi UV-C dalam satuan  $\text{kJ/m}^2$ . Pada penelitian tersebut dosis yang lebih tinggi seperti  $1,70 \text{ kJ/m}^2$  mendekati ambang batas yang merugikan bagi tanaman dengan terjadinya peningkatan kadar *malondialdehyde* (MDA) yang menyebabkan kerusakan sel sehingga dosis  $\text{kJ/m}^2$  yang lebih tinggi belum menunjukkan pengaruh positif yang signifikan pada kualitas tanaman. Maka dari itu, pada penelitian ini menggunakan intensitas  $\mu\text{W/cm}^2$  untuk mendapatkan dosis yang tepat dan menganalisis hasil dan pengaruh respons fisiologis yang berbeda terhadap tanaman khususnya pada tanaman sawi.

Penelitian lain dilakukan oleh Tchoukouang et al. (2023) menghasilkan lama paparan sinar UV-C yang optimal dapat meningkatkan efektivitas dalam membunuh mikroorganisme pada sayuran seperti tomat dan wortel. Semakin lama paparan UV-C maka semakin tinggi dosis yang diterima oleh mikroorganisme dan bakteri. Intensitas UV-C yang tinggi menyebabkan peningkatan efektivitas dalam membunuh bakteri karena UV-C dapat merusak DNA atau RNA mikroorganisme sehingga mengganggu kemampuan mikroorganisme untuk bereplikasi dan menyebabkan infeksi.

Pada penelitian ini, digunakan paparan radiasi sinar UV-C untuk mengetahui ketahanan tanaman sawi dengan mengendalikan bakteri *Xanthomonas campestris* penyebab busuk hitam (*black rot*) dan menentukan kadar klorofil pada tanaman

sawi agar dapat menganalisis dampak paparan radiasi UV-C terhadap parameter-parameter tersebut dan memberikan wawasan baru tentang potensi penggunaan UV-C sebagai metode untuk meningkatkan kualitas dan ketahanan tanaman sayuran terhadap infeksi bakteri dan penyakit. Tanaman sawi disemprot bakteri *Xanthomonas campestris* pada hari ke-30 setelah tanam dan diberi paparan sinar UV-C menggunakan lampu UV-C sehari setelahnya yaitu pada hari ke-31 setelah tanam. Dilakukan pengamatan ketahanan tanaman sawi selama 7 hari setelah dipapari bakteri dan sinar UV-C kemudian dilakukan analisis terhadap sifat organoleptik tanaman berupa warna dan teksturnya dilanjutkan dengan pengujian kandungan vitamin C dan kadar klorofil pada tanaman sawi.

## 1.2 Rumusan Masalah

Untuk rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh paparan radiasi sinar ultraviolet (UV-C) terhadap kandungan vitamin C pada tanaman sawi?
2. Bagaimana pengaruh paparan radiasi sinar ultraviolet (UV-C) terhadap kadar klorofil pada tanaman sawi?
3. Bagaimana pengaruh paparan radiasi sinar ultraviolet (UV-C) terhadap ketahanan tanaman sawi dari penyakit busuk hitam (*black rot*) ditinjau dari sifat organoleptik berupa warna dan tekstur?

## 1.3 Tujuan

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh paparan radiasi sinar ultraviolet (UV-C) terhadap kandungan vitamin C pada tanaman sawi.
2. Untuk mengetahui pengaruh paparan radiasi sinar ultraviolet (UV-C) terhadap

kadar klorofil pada tanaman sawi.

3. Untuk mengetahui pengaruh paparan radiasi sinar ultraviolet (UV-C) terhadap ketahanan tanaman sawi dari penyakit busuk hitam (*black rot*) ditinjau dari sifat organoleptik berupa warna dan tekstur.

#### **1.4 Manfaat**

Sedangkan manfaat yang diperoleh dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Dapat menambah pengetahuan dan wawasan tentang pengaruh dari sinar UV-C pada tanaman sawi.
2. Dapat menganalisis hasil pengaruh paparan radiasi sinar UV-C terhadap kadar klorofil dan ketahanan tanaman sawi dari penyakit busuk hitam (*black rot*) ditinjau dari sifat organoleptik berupa warna dan tekstur.
3. Dapat mengembangkan teknologi dengan metode menggunakan sinar UV-C yang dapat mengendalikan pertumbuhan tanaman sawi dari kerusakan.
4. Dapat mengembangkan metode pertanian lebih berkelanjutan dengan memanfaatkan teknologi non-kimia ramah lingkungan yang mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Untuk batasan masalah yang diterapkan pada penelitian ini adalah:

1. Benih tanaman sawi yang digunakan pada penelitian ini adalah benih tanaman sawi hijau dengan jenis toसान.
2. Bakteri yang digunakan adalah bakteri *Xanthomonas campestris* penyebab busuk hitam pada tanaman sawi.
3. Sinar UV-C yang digunakan memiliki panjang gelombang sebesar 254 nm.
4. Variasi intensitas yang digunakan sebesar 50  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  dan 175

$\mu\text{W}/\text{cm}^2$  serta lama paparan selama 5 menit, 15 menit, dan 30 menit.

5. Penyemprotan bakteri pada tanaman sawi dilakukan pada hari ke-30 setelah tanam.
6. Diberi paparan UV-C pada tanaman setelah dipapari bakteri sehari setelahnya yaitu hari ke-31 setelah tanam.
7. Setelah diberi paparan UV-C pada hari ke-31 setelah tanam ketahanan tanaman sawi diamati selama 7 hari. Pada hari ke-7 setelah peninjauan ketahanan, dilakukan analisis terhadap sifat organoleptik tanaman berupa warna dan teksturnya.
8. Dilakukan pengukuran untuk menentukan kandungan vitamin C dan kadar klorofil pada tanaman sawi setelah peninjauan dan analisis ketahanan tanaman sawi.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

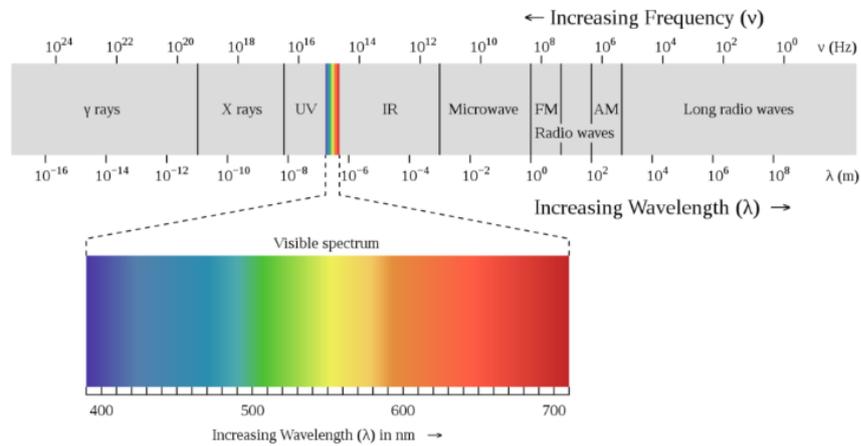
#### **2.1 Sinar Ultraviolet**

Sinar ultraviolet (UV) adalah sinar yang dihasilkan oleh matahari yang mencapai permukaan bumi selain sinar inframerah dan cahaya tampak. Sinar ultraviolet (UV) adalah salah satu jenis radiasi pada spektrum gelombang elektromagnetik yang memiliki energi yang lebih tinggi dari cahaya tampak dengan rentang panjang gelombang antara 200 nm dan 400 nm. Sumber utama sinar ultraviolet adalah sinar matahari, namun sinar ultraviolet juga dapat berasal dari sumber alami dan buatan (Cahyonugroho, 2010).

Berdasarkan panjang gelombangnya, terdapat tiga jenis sinar matahari yaitu sinar UV-A (panjang gelombang 315-400 nm), sinar UV-B (panjang gelombang 280-315 nm), dan sinar UV-C (panjang gelombang 190-280 nm). Sinar UV-A dapat menyebabkan kerusakan mitokondria dan DNA nuklir, mutasi genetik, kanker kulit dan kerusakan membran. Sinar UV-B dapat menyebabkan perubahan yang lebih lama seperti pigmentasi dan pembakaran matahari. Sinar UV-C menetap dan tertahan di atmosfer sehingga tidak mencapai permukaan bumi karena diserap oleh ozon, uap air, oksigen, dan karbondioksida disebabkan panjang gelombang UV yang pendek (Subaidah et al., 2023).

Sinar ultraviolet yang diperoleh dari sinar matahari diserap permukaan bumi pada lapisan atmosfer sehingga menjadi panas dan membuat atmosfer menyerap gelombang inframerah yang menyebabkan pemanasan global dan peningkatan suhu permukaan bumi sehingga menyebabkan dampak pada kehidupan manusia. Dampak dari sinar UV yang terlalu berintensitas tinggi dapat mengganggu sistem

kinerja mata dan otak. Namun sinar UV juga memberikan manfaat bagi kesehatan manusia yaitu meningkatkan kekebalan tubuh dan digunakan sebagai penyembuhan luka serta penyakit pada kulit (Marbun et al., 2023).



**Gambar 2.1** Spektrum Gelombang Ultraviolet (Google, 2025)

Sinar ultraviolet yang diperoleh dari sinar matahari diserap permukaan bumi pada lapisan atmosfer sehingga menjadi panas dan membuat atmosfer menyerap gelombang inframerah yang menyebabkan pemanasan global dan peningkatan suhu permukaan bumi sehingga menyebabkan dampak pada kehidupan manusia. Dampak dari sinar UV yang terlalu berintensitas tinggi dapat mengganggu sistem kinerja mata dan otak. Namun sinar UV juga memberikan manfaat bagi kesehatan manusia yaitu meningkatkan kekebalan tubuh dan digunakan sebagai penyembuhan luka serta penyakit pada kulit (Marbun et al., 2023).

Matahari sebagai sumber cahaya dan energi yang telah diciptakan-Nya untuk mendukung segala kehidupan di bumi. Dalam konteks sains, salah satu komponen dari sinar matahari adalah sinar ultraviolet (UV). Sebagaimana dijelaskan dalam Firman Allah pada Surah An-Naba' [78]: 13 sebagai berikut:

وَجَعَلْنَا سِرَاجًا وَهَّاجًا ط

Artinya: “*Dan Kami menjadikan pelita yang terang-benderang (matahari).*” (Q.S. An-Naba’ [78]: 13).

Menurut tafsir M. Quraish Shihab matahari memancarkan energi berupa cahaya sebesar 46%, inframerah 45% dan ultraviolet sebesar 9%. Allah menjelaskan bahwa matahari adalah sebuah pelita yang memancarkan energi luar biasa. Dalam konteks sains, sinar ultraviolet merupakan salah satu sumber energi utama dalam kehidupan seperti membantu proses fotosintesis pada tumbuhan, membunuh bakteri dan mikroorganisme melalui kerusakan DNA serta dimanfaatkan dalam berbagai kebutuhan biologis dan ilmiah manusia (Hakim & Armita, 2017).

Sinar ultraviolet sering dimanfaatkan dalam penelitian genetika, aplikasi medis, dan proses sterilisasi karena kemampuannya untuk menghambat pertumbuhan serta membunuh bakteri. Namun, efektivitas sinar ultraviolet terbatas oleh daya penetrasinya yang rendah. Agar sterilisasi optimal, bahan yang akan disterilkan harus terkena paparan sinar UV secara langsung atau diletakkan di bawahnya tanpa penghalang (Widodo et al., 2024).

Sinar UV memiliki keterkaitan dengan intensitas cahaya, intensitas menentukan jumlah energi yang diterima oleh sinar UV per satuan luas dalam satuan waktu. Semakin tinggi intensitas cahaya UV yang diterima oleh mikroorganisme, semakin besar kemungkinan terjadi kerusakan pada DNA atau RNA. Namun, intensitas juga dipengaruhi oleh waktu paparan dan faktor lingkungan seperti keberadaan suatu partikel dapat mengurangi intensitas cahaya pada mikroorganisme atau bakteri (Kowalski, 2009).

Dalam Al-Qur'an kata cahaya banyak disebut, seperti dalam Surah An-Nur [24]: 35 dikatakan bahwa Allah pemberi cahaya langit dan bumi. Semua yang ada

di muka bumi adalah datangnnya dari Allah semata. Sebagaimana ayat tersebut berbunyi:

اللَّهُ نُورُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ ۗ مِثْلُ نُورِهِ ۗ كَمِشْكَاةٍ فِيهَا مِصْبَاحٌ

Artinya: “Allah (pemberi) cahaya (pada) langit dan bumi. Perumpamaan cahaya-Nya seperti sebuah lubang (pada dinding) yang tidak tembus yang di dalamnya ada pelita besar.” (Q.S. An-Nur [24]: 35).

Berdasarkan tafsir M. Quraish Shihab menjelaskan bahwa cahaya Allah adalah sumber utama dari segala cahaya yang ada di alam semesta. Cahaya tersebut bersifat abadi dan meliputi seluruh aspek kehidupan. Perumpamaan cahaya seperti sebuah celah dinding yang tidak dapat ditembus dan diterpa angin yang memadamkan cahaya tersebut. Cahaya termasuk sinar UV-C merupakan bagian dari ciptaan Allah yang juga membawa manfaat bila digunakan dengan tepat. Dalam konteks sains, sinar UV-C merupakan bagian dari spektrum cahaya yang memiliki energi tinggi dan kemampuan membunuh mikroorganisme dan dimanfaatkan sebagai bentuk cahaya buatan untuk memengaruhi pertumbuhan dan kualitas fisiologis tanaman sawi. Penggunaan sinar UV-C terbukti dapat meningkatkan kadar klorofil dan ketahanan tanaman yang berarti cahaya tersebut berperan aktif dalam mendukung proses kehidupan tumbuhan (Carmila & Subakti, 2023).

Intensitas cahaya adalah jumlah cahaya yang dipancarkan dalam suatu arah tertentu per satuan sudut ruang. Persamaan untuk mengukur intensitas cahaya menggunakan rumus sebagai berikut: (Fitriyah et al., 2022)

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad (2.1)$$

Dimana:

$I$  = Intensitas cahaya (cd)

$\phi$  = Fluks cahaya (lm)

$\omega$  = Sudut ruang (stradian) ( $4\pi$ )

Secara umum, cahaya adalah gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang 380-750 nm. Untuk persamaan intensitas pada gelombang elektromagnetik digunakan persamaan sebagai berikut:

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

Dimana:

$I$  = Intensitas cahaya ( $\text{W}/\text{cm}^2$ )

$n$  = Indeks bias

$\epsilon_0$  = Permeabilitas ( $\text{F}/\text{m}$ )

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

Ketika sinar ultraviolet melewati suatu zat terjadi proses penyerapan cahaya yang mengakibatkan perubahan intensitas cahaya sehingga digunakan persamaan berikut ini: (Koutchma et al. 2009)

$$\frac{I}{I_0} = 10^{-a_{10}d} = 10^{-A} = e^{-a_\epsilon d} \quad (2.3)$$

Dengan keterangan:

$\frac{I}{I_0}$  = Intensitas sinar UV-C ( $\text{W}/\text{cm}^2$ )

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

$d$  = Jarak yang dilalui oleh cahaya

$A$  = Absorbansi logaritmik zat pada panjang gelombang tertentu

$a_\epsilon$  = Koefisien serapan spesifik (eksponensial)

## 2.2 Sinar Ultraviolet (UV-C)

### 2.2.1 Pengertian Sinar Ultraviolet (UV-C)

Berdasarkan panjang gelombangnya, terdapat tiga macam sinar ultraviolet yaitu UV-A (panjang gelombang 315-400 nm), UV-B (panjang gelombang 280-315 nm), dan UV-C (panjang gelombang 190-280 nm). Sinar ultraviolet tipe C (UV-C) adalah salah satu jenis sinar ultraviolet dengan panjang gelombang paling pendek berkisar antara 100 hingga 280 nm (Pranagari et al., 2014).

Penggunaan sinar ultraviolet (UV) menjadi salah satu metode efektif untuk membunuh mikroorganisme yang dapat merusak produk makanan. Jenis ultraviolet (UV-C) dengan panjang gelombang 200–280 nm sangat efektif dalam membunuh bakteri. Dalam industri pangan, sinar UV-C telah lama digunakan sebagai langkah pencegahan dan pengawetan baik untuk buah segar maupun produk olahan (Widodo et al., 2024).

Sinar UV-C juga digunakan untuk sterilisasi dan desinfeksi yang merupakan upaya untuk membunuh bakteri. Sinar UV-C efektif dalam membunuh bakteri dengan panjang gelombang yang lebih pendek. Hal ini dilakukan dengan menembus membran sel dan menghancurkan DNA. Sinar UV-C dapat dihasilkan dari sumber seperti lampu LED dengan kemampuan memberikan dosis tinggi dalam waktu singkat. Paparan sinar UV-C juga membantu meningkatkan pertahanan tanaman namun diperlukan dosis yang tepat agar tidak merusak tanaman itu sendiri. Meskipun terdapat tantangan dalam menentukan dosis yang tepat, penggunaan UV-C sangat menjanjikan sebagai alternatif pestisida kimia yang lebih ramah lingkungan dan diperlukan dalam teknologi pertanian yang berkelanjutan (Urban et al., 2018).

Penggunaan sinar UV-C sebagai perlakuan terhadap tanaman sawi yang memiliki intensitas radiasi yang diterima oleh tanaman yang akan mempengaruhi efektivitas paparan terhadap mikroorganisme dan proses fisiologis tanaman. Intensitas sinar UV-C yang diterima oleh tanaman tidak hanya bergantung pada daya sumber radiasi, tetapi juga pada jarak antara sumber cahaya dan objek yang disinari. Berdasarkan prinsip dalam fisika optik, penyebaran cahaya dari sumber titik menggunakan hukum invers kuadrat yang menyatakan bahwa intensitas cahaya berkurang seiring dengan bertambahnya jarak dari sumbernya, maka dikatakan intensitas radiasi berbanding terbalik dengan kuadrat jarak tersebut. Secara matematis, hukum ini ditulis sebagai berikut: (Zelviani et al., 2018)

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

Dimana:

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

$r$  = Jarak dari sumber radiasi (cm atau m)

Dalam bentuk persamaan konstanta menggunakan  $P$  dari sumber cahaya (dalam *watt*) yang menyebar ke segala arah. Energi yang akan tersebar sama dengan permukaan bola dengan jari-jari ( $r$ ). Sehingga luas permukaan bola dapat ditulis sebagai berikut:

$$A = 4\pi r^2 \quad (2.5)$$

Maka:

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2} \quad (2.6)$$

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa semakin besar jarak maka semakin kecil intensitasnya yang sesuai dengan hukum invers kuadrat. Untuk

menentukan jarak yang dibutuhkan agar mendapatkan intensitas tertentu, maka dapat ditulis sebagai berikut:

$$r = \sqrt{\frac{P}{4\pi I}} \quad (2.7)$$

### 2.2.2 Pengaruh Sinar UV-C Pada Pertumbuhan Tanaman

Sinar UV-C memiliki pengaruh pada pertumbuhan tanaman terutama pada struktur seluler. Paparan UV-C memicu respons pertahanan pada tanaman termasuk produksi senyawa fenolik dan enzim pelindung. Namun, efek sinar UV-C sangat bergantung pada dosis dan durasi paparan. Intensitas rendah dapat memberikan efek positif seperti meningkatkan metabolisme sekunder yang mendukung ketahanan tanaman. Sebaliknya, jika intensitas tinggi berpotensi mengganggu proses fotosintesis dan menyebabkan kerusakan jaringan. Pengaruh UV-C juga bervariasi tergantung pada jenis tanaman dan kondisi lingkungannya (Puspita et al., 2021).

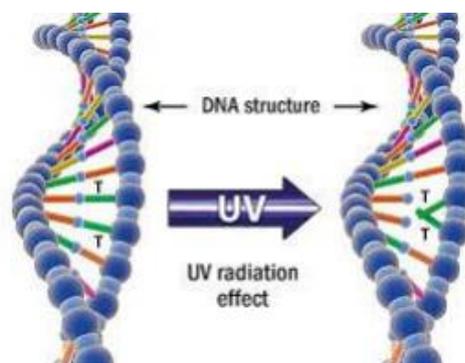
Intensitas rendah sinar UV-C dapat meningkatkan metabolisme sekunder tanaman dengan meningkatkan aktivitas enzim katalase dan ketahanan tanaman terhadap stres oksidatif. Selain itu, paparan sinar UV-C dapat mempengaruhi produksi bahan kultur jaringan tanaman. Hal ini membuat tanaman lebih tahan terhadap serangan mikroorganisme dibandingkan dengan tanaman yang tidak dipaparkan UV-C (Vasquez et al., 2020).

Sinar UV-C juga memengaruhi pertumbuhan tanaman dan beberapa kandungan yang terdapat pada tanaman. Penelitian oleh Grossweiner et al. (2005) menunjukkan jika sinar UV-C memberikan perubahan secara signifikan dari sinar UV-A dan UV-B. Hal ini dikarenakan sinar UV-C memiliki panjang gelombang paling pendek sehingga tidak menimbulkan kerusakan pada tanaman.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Pratama et al. (2018) menunjukkan bahwa malam hari menjadi waktu ideal untuk penyinaran UV-C karena tidak mengganggu proses fotosintesis. Penelitian ini dilakukan pada tanaman krisan yang menunjukkan bahwa penyinaran tambahan di malam hari dapat meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun dan bobot tanaman. Jika pemaparan sinar UV-C dilakukan pada siang hari mengganggu proses fotosintesis tanaman yang berperan penting dalam pertumbuhan dan kesehatan sawi dan menyebabkan stres oksidatif pada tanaman.

### 2.2.3 Pengaruh Sinar UV-C Terhadap Pertumbuhan Bakteri

Paparan sinar UV-C menyebabkan partikel atau organisme menyerap energi radiasi tersebut (absorpsi). Ketika foton diserap oleh jaringan maka terjadi perubahan jarak antar muatan. Asam *deoksiribonukleat* (DNA) dan asam *ribonukleat* (RNA) adalah komponen utama yang diserap oleh jaringan. Terdapat tiga tahap yang terjadi selama proses pemaparan pada sinar UV-C terhadap bakteri atau mikroorganisme. Tahap fotofisika yaitu terjadinya proses absorpsi foton cahaya dengan molekul *porfirin* yang diikuti dengan eksitasi elektron. Tahap fotokimia terdiri dari perubahan struktur dan energi karena eksitasi elektron. Tahap fotobiologi adalah perubahan yang terjadi pada sel organisme karena adanya interaksi cahaya (Astuti et al., 2011).



**Gambar 2.2** Struktur DNA Pecah Akibat Sinar UV-C (Mahardiyanti, 2021)

Mekanisme untuk menginaktivasi pertumbuhan bakteri dari sinar UV-C yaitu dengan menghancurkan DNA dan RNA bakteri hingga bakteri tidak dapat melakukan replikasi sel. DNA dan RNA sebagai bagian dari asam nukleat memiliki kemampuan untuk menyerap sinar ultraviolet pada panjang gelombang 200–310 nm termasuk sinar UV-C. Paparan sinar UV-C mengakibatkan kerusakan struktur DNA dan RNA dengan membentuk dimer pirimidin yang menghambat proses replikasi dan transkripsi DNA sehingga menyebabkan kerusakan pada mikroorganisme atau bakteri dan mencegah bakteri untuk berkembang biak (Koutchma et al., 2009).

## 2.3 Tanaman Sawi (*Brassica juncea L.*)

### 2.3.1 Struktur Fisik Tanaman Sawi



**Gambar 2.3** Tanaman Sawi Hijau (Google, 2025)

Tanaman sawi dalam bahasa latin *Brassica juncea L.* menjadi salah satu jenis tanaman yang banyak dibudidayakan sebagai sayuran dan sering dikonsumsi masyarakat. Tanaman sawi merupakan tanaman caisim berumur pendek (semusim) dengan ciri-ciri tangkai daun panjang berwarna putih kehijauan dan daun lebar memanjang dengan tekstur tipis hijau. Akar dari tanaman caisim terdiri dari akar tunggang yang berbentuk silindris, memanjang hingga 30–50 cm yang berfungsi menyerap air dan nutrisi serta memberikan kekuatan pada batang. Selain

itu, terdapat akar serabut yang menyebar di permukaan tanah dengan kedalaman sekitar 5 cm (Tripama & Yahya, 2018).

Tanaman sawi banyak memiliki kandungan nutrisi seperti mineral, vitamin (A, B, dan C), karbohidrat, lemak, protein, kalsium (Ca), zat besi (Fe) dan fosfor (P). Tanaman sawi mudah ditanam dan peka terhadap perubahan lingkungan sehingga sering digunakan dalam berbagai penelitian seperti uji ketahanan, uji kesuburan tanaman, pengaruh kekurangan hara, serta bioremediasi (Riska, 2022).

Tanaman sawi tergolong famili *brassicaceae* yang memiliki bentuk fisik terdiri dari batang, bunga, daun, akar, dan biji. Adapun penjelasannya sebagai berikut: (Mandasari et al., 2018)

a. Batang

Tanaman sawi memiliki batang pendek di dasar tanah yang berwarna kehijauan keputih-putihan yang berfungsi menopang daun.

b. Bunga

Tanaman sawi memiliki tangkai bunga yang panjang dan bercabang. Setiap tangkai bunga sawi terdiri dari empat helai daun kelopak, empat helai daun mahkota, empat helai benang sari bertangkai panjang, dua helai benang sari bertangkai pendek, dan satu putik.

c. Daun

Tanaman sawi hijau memiliki daun dengan tekstur halus dan berwarna dari hijau muda hingga hijau keputih-putihan. Daun tanaman sawi berbentuk bulat atau lonjong dan bervariasi dari lebar hingga sempit. Daun memiliki tangkai berwarna putih hingga hijau, panjang atau pendek, dan sempit atau lebar.

Tulang daun yang menyirip dan cabang memberikan bentuk struktural pada daun.

d. Akar

Tanaman sawi berakar tunggang yang panjangnya antara 30-50 cm. Akar ini berfungsi untuk menyerap air dan nutrisi dari tanah dan memastikan batang tanaman tetap tegak.

e. Biji

Buah pada sawi berupa bentuk panjang ramping yang berisi biji. Biji-biji sawi dapat digunakan untuk perkembangbiakan tanaman sawi karena 1 bunga berisi puluhan biji. Biji sawi bentuknya bulat dan kecil warna coklat sedikit kehitaman.

### 2.3.2 Klasifikasi Tanaman Sawi

Berdasarkan klasifikasi dalam sistem taksonomi tumbuhan, tanaman sawi termasuk ke dalam: (Sondi, 2022)

Kingdom : *Plantae*  
 Divisi : *Spermatophyta*  
 Subdivisi : *Angiospermae*  
 Kelas : *Dicotyledonae*  
 Ordo : *Rhoeadales (Brassicales)*  
 Famili : *Cruciferae (Brassicaceae)*  
 Genus : *Brassica*  
 Spesies : *Brassica juncea L.*

### 2.3.3 Jenis-Jenis Tanaman Sawi

Jenis-jenis tanaman sawi yang terdapat di wilayah Indonesia adalah sebagai

sebagai berikut: (Mandasari et al., 2018)

a. Sawi Hijau

Sawi hijau berukuran lebih kecil dibandingkan dengan jenis sawi putih dan cocok ditanam di daerah kering tetapi pengairan terpenuhi. Sawi hijau memiliki batang pendek, tangkai daun pipih, dan daun yang lebar dan berwarna hijau tua. Adapun gambar tanaman sawi hijau adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.4** Sawi Hijau

b. Sawi Putih

Sawi putih menjadi jenis tanaman sawi yang memiliki rasa paling diterima di masyarakat daripada jenis sawi lainnya. Tanaman sawi putih ditanam di Indonesia dengan ketinggian daerah antara 500-1000 mdpl. Sawi putih memiliki daun berwarna kuning pucat dan tangkai daunnya berwarna putih. Adapun gambar dari tanaman sawi putih adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.5** Sawi Putih

c. Sawi Caisim

Sawi jenis ini paling banyak didistribusikan pada pasar-pasar masyarakat. Sawi

caisim memiliki rasa yang cocok dijadikan masakan di lingkungan masyarakat. Sawi caisim memiliki tangkai daun panjang warna putih kehijauan dengan daun lebar dan tipis memanjang berwarna kehijauan pula. Adapun gambar dari tanaman sawi caisim adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.6** Sawi Caisim

d. Sawi Pahit

Sawi ini memiliki rasa agak pahit namun bisa dihilangkan dengan proses pengasinan. Sawi pahit ini memiliki daun yang lebat yang panjangnya lebih dari 30 cm. Daun dan batang sawi pahit berwarna hijau muda. Sawi pahit memiliki harga jual yang cukup tinggi. Adapun gambar dari tanaman sawi pahit adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.7** Sawi Pahit

e. Sawi Keriting

Sawi ini memiliki daun berbentuk keriting. Bentuknya mirip dengan sawi hijau namun memiliki tekstur yang bergelombang. Bagian daun berwarna hijau muda yang tumbuh dari ujung tangkai daun. Sedangkan tangkai daun

pada sawi keriting ini berwarna putih. Adapun gambar dari tanaman sawi keriting adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.8** Sawi Keriting

### 2.3.4 Kandungan Tanaman Sawi

Tanaman sawi memiliki banyak kandungan gizi meliputi vitamin A, vitamin B, vitamin C, karbohidrat, lemak, protein, fosfor, kalsium dan zat besi. Sedangkan kandungan nutrisi seperti asam folat dan magnesium yang berfungsi menjaga kesehatan tulang (Soekanto, 2007).

Tanaman sawi digunakan sebagai bahan makanan yang memiliki kandungan gizi lengkap yang jika dikonsumsi akan berdampak sangat baik untuk kesehatan tubuh. Kandungan setiap 100 gram pada tanaman sawi terlampir pada tabel di bawah ini: (Soekanto, 2007)

**Tabel 2.1** Kandungan Nutrisi Pada Tanaman Sawi

No.	Kandungan Nutrisi	Jumlah
1.	Kalori	22,0 kkal
2.	Karbohidrat	4,0 gr
3.	Protein	2,3 gr
4.	Lemak	0,3 gr
5.	Serat	1,2 gr
6.	Kalsium	0,225 gr
7.	Fosfor	0,0384 gr
8.	Zat Besi	0,0029 gr
9.	Vitamin A	0,969 gr
10.	Vitamin B1	0,00009 gr
11.	Vitamin B2	0,0001 gr
12.	Vitamin B3	0,007 gr

13.	Vitamin C	0,102 gr
-----	-----------	----------

Sumber: Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan Republik Indonesia (1979).

## 2.4 Bakteri *Xanthomonas campestris*

### 2.4.1 Klasifikasi Bakteri *Xanthomonas campestris*



**Gambar 2.9** Bakteri *Xanthomonas campestris*

Menurut Agrios dalam Merisca (2022), klasifikasi dari *Xanthomonas campestris* adalah sebagai berikut:

- Kingdom : *Prokariotik*
- Divisi : *Proteobacteria*
- Kelas : *Gammaproteobacteria*
- Ordo : *Xanthomonadales*
- Famili : *Xanthomonadaceae*
- Genus : *Xanthomonas*
- Spesies : *Xanthomonas campestris* pv. *Campestris*

### 2.4.2 Bakteri *Xanthomonas campestris* Penyebab Busuk Hitam (*Black Rot*)

#### Tanaman Sawi

Bakteri *Xanthomonas campestris* adalah bakteri gram negatif yang menjadi penyebab utama penyakit busuk hitam (*black rot*) pada tanaman yang diinfeksi. Penyakit busuk hitam pertama kali masuk ke Indonesia pada tahun 1931 dan pada tahun 1988 dilaporkan telah menyebar ke beberapa wilayah seperti Jawa,

Sumatera, dan Sulawesi. Bakteri patogen ini merupakan organisme memiliki sel tunggal yang tidak membentuk spora. *Xanthomonas campestris* memiliki beberapa nama sinonim, seperti *Bacillus campestris*, *Pseudomonas campestris*, *Bacterium campestre*, *Bacterium campestris*, dan *Phytomonas campestris* (Merisca, 2022).

Genus *Xanthomonas* dikenal sebagai bakteri yang sering menginfeksi berbagai jenis tanaman baik tanaman dikotil maupun monokotil. *Xanthomonas campestris* merupakan penyebab berbagai penyakit pada tanaman pangan, hortikultura, dan tanaman hias. *Xanthomonas campestris* dapat menginfeksi banyak jenis tanaman serta gulma dari famili *brassicaceae* atau *cruciferae*. Bakteri ini juga dapat bertahan hidup pada berbagai tanaman liar, gulma, dan tanaman budidaya sehingga bakteri ini menjadi tantangan dan ancaman yang dalam bidang pertanian (An et al., 2019).

*Xanthomonas campestris* menginfeksi tanaman melalui stomata atau jaringan tanaman yang mengalami luka. Setelah bakteri ini berhasil masuk ke dalam jaringan tanaman maka akan berkembang biak di jaringan pembuluh *xylem* dan menyebar ke seluruh bagian tanaman. Bakteri ini menghambat pertumbuhan tanaman karena memperbanyak inokulum di dalam jaringan pembuluh. Pembuluh *xylem* yang terinfeksi mengalami kerusakan sehingga bakteri menyebar lebih lanjut ke daerah sel jaringan parenkim sehingga sel-sel mengalami kerusakan dan kematian yang berdampak pada kesehatan dan produktivitas tanaman (Nugroho, 2018).



**Gambar 2.10** Bakteri *Xanthomonas campestris* pada Tanaman Sawi

Tanaman dapat terserang penyakit busuk hitam pada setiap tahap pertumbuhannya. Pada tahap pembibitan, gejala awal infeksi ditandai dengan perubahan warna kotiledon menjadi hitam. Bibit yang terinfeksi akan berubah warna menjadi kuning hingga cokelat yang layu. Saat tanaman mencapai fase pertumbuhan vegetatif yang lebih lanjut, gejala yang muncul yaitu layu dan munculnya daun yang terinfeksi berbentuk V. Infeksi ini menyebar ke seluruh permukaan daun sehingga berubah menjadi warna kuning kecokelatan dan mengering. Infeksi ini juga dapat memengaruhi daun, batang, akar, dan menyebabkan jaringan tanaman menjadi hitam akibat pertumbuhan bakteri (Duriat et al., 2007).

Penginfeksi bakteri *Xanthomonas campestris* dilakukan pada 30 HST karena respons tanaman terhadap infeksi bakteri lebih terlihat setelah tanaman berada pada tahap pertumbuhan yang cukup matang. Paparan sinar UV-C setelah infeksi pada hari ke-30 dapat menginduksi mekanisme ketahanan tanaman yang bisa diamati dan diukur melalui perubahan warna daun, tekstur, kadar klorofil, dan vitamin C. Penelitian yang dilakukan oleh Effendi et al., (2017) menunjukkan

tanaman pisang yang terinfeksi *Ralstonia solanacearum* terjadi perubahan morfologi seperti penguningan daun dan terbentuknya koloni bakteri yang diamati secara jelas pasca hari ke-30. Pada hari ke-30, gejala kerusakan pada jaringan pembuluh tanaman menjadi lebih nyata sehingga dapat melakukan evaluasi yang lebih akurat terhadap efektivitas perlakuan radiasi UV-C terhadap tanaman.

Penelitian yang dilakukan oleh Iglesias-Bernabé et al. (2019) dan Poplawsky et al. (2000) menunjukkan bahwa nilai absorbansi panjang gelombang dari bakteri *Xanthomonas campestris* sebesar 600 nm. Nilai absorbansi panjang gelombang tersebut efektif dalam mendeteksi konsentrasi sel bakteri yang optimal karena berpengaruh terhadap interaksi bakteri dan tanaman. Dalam konteks ini, rentang konsentrasi ideal antara 0,1 hingga 0,8 menjadi faktor penting karena dalam kisaran konsentrasi ini maka bakteri *Xanthomonas campestris* dapat diaplikasikan ke tanaman. Jika nilai konsentrasi melebihi 1,0 maka terlalu banyak cahaya yang diserap dan hasilnya belum akurat. Penyebabnya karena kultur bakteri terlalu pekat, sehingga perlu dilakukan pengenceran dengan larutan *buffer* atau media cair. Untuk menentukan nilai absorbansi dan konsentrasi menggunakan spektrofometri UV-Vis dengan melakukan pengenceran bakteri *Xanthomonas campestris* terlebih dahulu agar nilai konsentrasi yang dihasilkan dalam rentang ideal.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh paparan radiasi sinar UV-C yang menggunakan sumber radiasi UV-C berupa lampu UV-C terhadap kandungan vitamin C, kadar klorofil dan ketahanan tanaman sawi dari penyakit busuk hitam (*black rot*). Penelitian ini menggunakan kelompok kontrol dan kelompok dengan perlakuan variasi intensitas sinar UV-C yaitu sebesar  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ,  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dan  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  serta lama paparan selama 5 menit, 15 menit dan 30 menit. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan pengulangan sebanyak 3 kali. Tanaman sawi disemprot bakteri *Xanthomonas campestris* pada hari ke-30 setelah tanam dan diberi paparan sinar UV-C menggunakan lampu UV-C sehari setelahnya yaitu pada hari ke-31 setelah tanam. Dilakukan uji ketahanan dilakukan setelah 7 hari setelah dipapari bakteri dan sinar UV-C kemudian dilakukan analisis terhadap sifat organoleptik tanaman berupa warna dan teksturnya dilanjutkan dengan pengujian kandungan vitamin C dan kadar klorofil pada tanaman sawi.

#### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian yang berjudul “Pengaruh Paparan Radiasi Sinar Ultraviolet (UV-C) Terhadap Kandungan Vitamin C, Kadar Klorofil dan Ketahanan Tanaman Sawi dari Penyakit Busuk Hitam (*Black Rot*)” dilakukan pada bulan Februari - April 2025 di Laboratorium Biofisika dan *Greenhouse* Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

### 3.3 Alat dan Bahan Penelitian

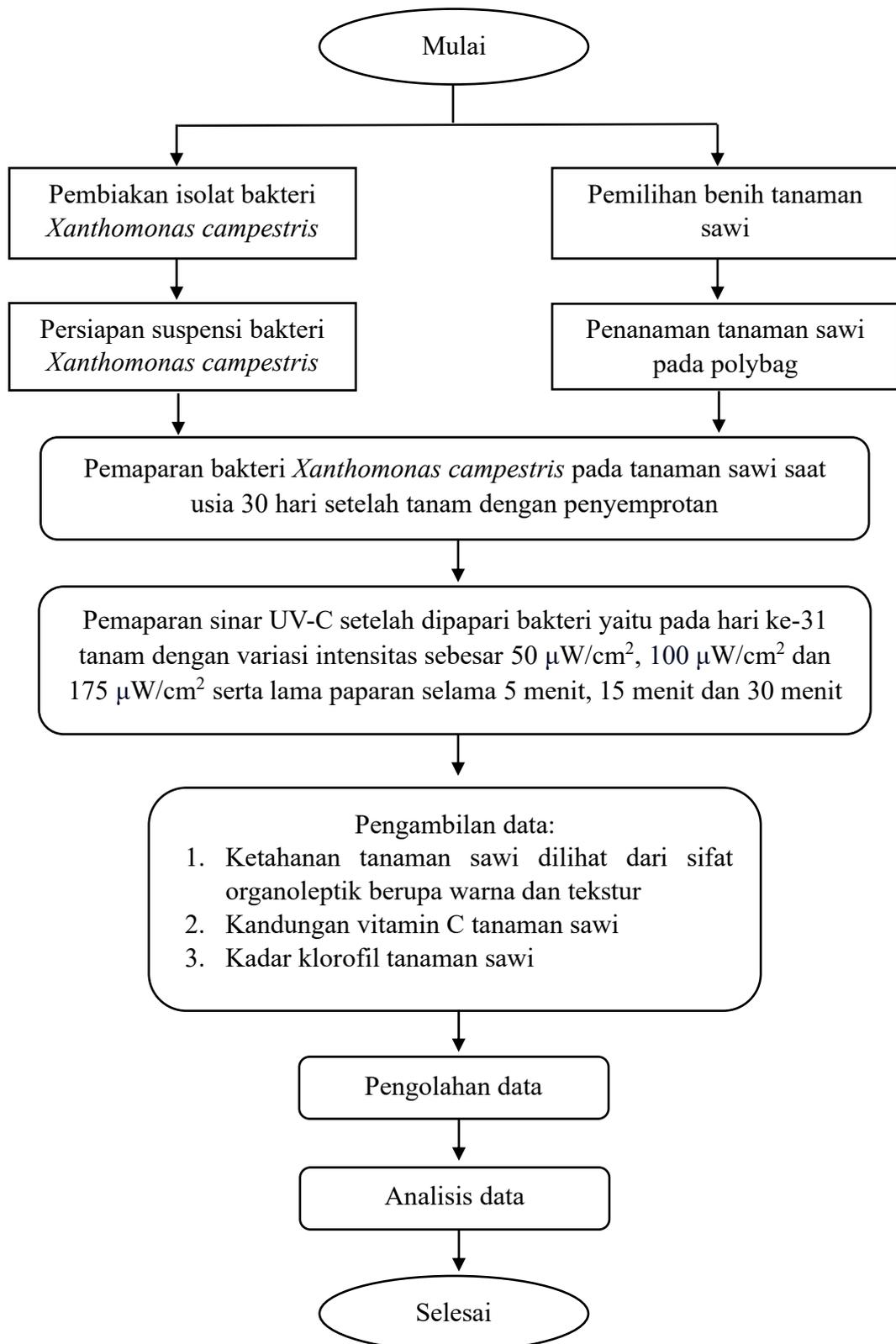
#### 3.3.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain alat yang digunakan untuk membuat media *Nutrien Agar* (NA) dan perkembangbiakan bakteri *Xanthomonas campestris* yaitu *beaker glass*, labu ukur, tabung reaksi, cawan petri, timbangan digital, *magnetic stirrer*, *hot plate*, mikropipet, *Laminar Air Flow* (LAF), erlenmeyer, autoklaf, inkubator, bunsen dan jarum ose. Sedangkan alat-alat yang digunakan untuk mengukur kandungan vitamin C dan kadar klorofil pada tanaman sawi adalah lampu UV-C 8 *Watt* yang memiliki panjang gelombang 254 nm, kotak khusus pemaparan UV-C, spektrofotometri UV-Vis, kuvet, kabel listrik, pipet tetes, spatula, mortar, neraca digital, dan *stopwatch*.

#### 3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang dibutuhkan pada penelitian ini antara lain bahan yang dibutuhkan untuk melakukan penanaman bibit yaitu benih tanaman sawi (*Brassica juncea L.*), polybag, tanah, *rockwool* dan pupuk organik. Sedangkan bahan yang dibutuhkan untuk membuat media *Nutrien Agar* (NA) dan perkembangbiakan bakteri *Xanthomonas campestris* dan melakukan uji kandungan pada tanaman sawi dan media *Nutrient Agar* (NA) yaitu media *Nutrient Agar*, alkohol 70%, aquades, larutan NaCl 0,9%, asam askorbat, plastik UV, *aluminium foil*, sarung tangan, kertas *wrap*, plastik dan kapas.

### 3.4 Diagram Alir Penelitian



### 3.5 Prosedur Penelitian

Metode pada penelitian ini adalah metode eksperimental. Sampel pada penelitian ini berjumlah 36 sampel terdiri dari kelompok kontrol dan kelompok dengan variasi intensitas sebesar  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ,  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dan  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  serta lama paparan selama 5 menit, 15 menit dan 30 menit. Intensitas  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  didapatkan dari jarak lampu ke objek sebesar 50 cm,  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  didapatkan jarak lampu ke objek sebesar 40 cm dan  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  didapatkan dari jarak lampu ke objek sebesar 30 cm. Paparan pada tanaman sawi menggunakan lampu UV-C 8 *Watt* yang memiliki panjang gelombang 254 nm. Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahap yaitu tahap penyemaian dan pemilihan benih, tahap penanaman, tahap pembuatan media dan penyemprotan bakteri, tahap pemaparan sinar UV-C, tahap uji ketahanan, tahap uji kandungan tanaman sawi seperti kandungan vitamin C dan kadar klorofil. Adapun penjelasan tiap tahap adalah sebagai berikut:

#### 3.5.1 Tahap Penyemaian dan Pemilihan Benih

Adapun langkah-langkah yang dilakukan untuk pemilihan benih sawi adalah sebagai berikut:

1. Dipilih benih sawi yang berkualitas, dalam kondisi sehat dan tidak cacat, serta memiliki potensi tumbuh yang tinggi.
2. Benih sawi yang dipilih adalah sawi hijau jenis toसान dengan berat sekitar 1-3 mg.
3. Disiapkan *rockwool* yang dibasahi air sampai lembab dan diletakkan 1 benih pada tiap 1 kotak *rockwool* dan ditutup tipis kemudian disimpan di tempat gelap selama 24 jam.
4. Setelah berkecambah maka diletakkan penyemaian di bawah sinar matahari

sekitar jam 8-10 pagi. Jika *rockwool* agak mengering, dibasahi dengan air sampai lembab.

5. Dilakukan setiap hari sampai berumur 14 hari sebelum dipindahkan ke media tanam polybag.

### **3.5.2 Tahap Penanaman**

Tahap penanaman sawi dilakukan dengan proses-proses sebagai berikut:

1. Disiapkan polybag yang berisi media tanam seperti tanah yang dibasahi oleh air, sekam bakar, serta pupuk organik dengan perbandingan 2:1:1 kemudian dibersihkan dari kerikil, sisa tanaman dan permukaan tanah diratakan agar benih mudah ditanam.
2. Polybag yang digunakan untuk benih sawi berukuran 20 cm x 20 cm dengan diberi drainase pada bagian bawah polybag agar tanah tidak kelebihan air.
3. Dipindahkan penyemaian tanaman sawi yang sudah berumur 14 hari dengan hati-hati ke dalam polybag yang berisi media tanam yang telah disiapkan.
4. Penanaman sawi dilakukan di *green house* biologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Penanaman sawi dilakukan dengan metode alami yaitu penyiraman sebanyak 2 kali yaitu setiap pagi dan sore hari secara teratur yang bertujuan untuk menjaga kelembaban air pada media tanam.

### **3.5.3 Tahap Pembuatan Media dan Penyemprotan Bakteri**

#### **3.5.3.1 Pembuatan Media**

Adapun langkah-langkah pembuatan media *Nutrient Agar* (NA) adalah sebagai berikut:

1. Dilakukan sterilisasi alat sebelum digunakan untuk memasukkan alat yang

dibungkus *aluminium foil* dan kertas *wrap* ke dalam autoklaf menggunakan suhu tinggi sekitar 120°C selama 15 menit agar terbebas dari mikroorganisme.

2. Selanjutnya untuk pembuatan media *Nutrient Agar* (NA) dengan menyiapkan media NA sebanyak 2 gram dan ditambahkan aquades sebanyak 120 ml.
3. Dipindahkan ke erlenmeyer dan dipanaskan di atas *hot plate* yang diaduk dengan *magnetic stirrer* sampai menjadi homogen.
4. Dituangkan 5 ml media NA yang homogen ke dalam cawan petri.
5. Media NA disterilkan dan diletakkan media NA pada *Laminar Air Flow* (LAF) agar tetap steril.

### **3.5.3.2 Isolat Bakteri**

Untuk perkembangbiakan isolat bakteri diperlukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Disemprot alkohol 70% pada *Laminar Air Flow* (LAF) dengan untuk menjaga kondisi agar tetap steril.
2. Bunsen dinyalakan dan dipanaskan jarum ose pada bunsen.
3. Diambil sedikit bakteri *Xanthomonas campestris* menggunakan jarum ose dan diletakkan pada media NA pada cawan petri dengan metode menyebar secara zig-zag.
4. Diinkubasi pada inkubator dengan suhu 37°C selama 24 jam agar bakteri baru muncul pada media NA.

### **3.5.3.3 Suspensi Bakteri**

Tahapan untuk melakukan suspensi bakteri adalah sebagai berikut:

1. Suspensi bakteri dibuat dengan mengambil sedikit bakteri hasil isolat pada cawan petri dengan jarum ose.
2. Dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi larutan NaCl 0,9% sebanyak 5 ml kemudian dihomogenkan.
3. Dihomogenkan dengan cara vortex atau dengan dikocok selama 10 detik agar larutan tercampur.
4. Dilakukan pengenceran hingga 7 kali atau mencapai  $10^{-7}$  CFU/ml.

#### **3.5.3.4 Penyemprotan Bakteri**

Untuk penyemprotan bakteri dilakukan beberapa langkah berikut ini:

1. Dimasukkan suspensi bakteri ke dalam *hand sprayer* yang steril.
2. Disemprot suspensi bakteri sebanyak 1 ml secara merata ke seluruh permukaan daun sawi yang berumur 30 hari baik secara adaksial maupun abaksial, hindari penyemprotan secara berlebihan dan dipastikan suspensi bakteri tidak menetes ke arah bawah.
3. Dibiarkan tanaman sawi terinfeksi bakteri selama 6 jam agar inokulasi bakteri menjadi efektif sebelum dilakukan perlakuan lainnya seperti paparan UV-C, uji ketahanan dan kandungan.

#### **3.5.4 Tahap Pemaparan Sinar UV-C**

Tahap pemaparan sinar UV-C memiliki tahapan antara lain sebagai berikut:

1. Sinar UV-C yang digunakan adalah lampu UV-C 8 *Watt* yang memiliki panjang gelombang sebesar 254 nm.
2. Disiapkan 3 tanaman sawi untuk tiap perlakuan paparan.
3. Paparan sinar UV-C pada tanaman sawi dilakukan pada kotak gelap dibuat

secara khusus dengan lebar sekitar meter yang dilapisi plastik UV-C agar proses paparan sinar UV-C tidak bocor keluar dari kotak.

4. Variasi intensitas sinar UV-C yaitu sebesar  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ,  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dan  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ .
5. Durasi lama paparan pada setiap tanaman yaitu selama 5 menit, 15 menit dan 30 menit.

### **3.5.5 Tahap Uji Ketahanan**

Dalam melakukan uji ketahanan dari sifat organoleptik berupa warna dan tekstur terdapat beberapa tahap antara lain sebagai berikut:

1. Tanaman sawi yang sudah dipapari bakteri dan dipapari sinar UV-C setelah 7 hari dilakukan pengambilan gambar menggunakan kamera *smartphone* dengan jarak kamera ke objek sebesar 30 cm dianalisis menggunakan MATLAB berupa warna dan tekstur.
2. Analisis warna kemudian dikelompokkan secara ordinal dengan kategori yaitu 1: kehitaman, 2: hijau kehitaman, 3: hijau kekuningan, dan 4: hijau.
3. Analisis tekstur juga dikelompokkan sesuai kategori yang telah ditentukan yaitu 1: sangat layu, 2: layu, 3: agak layu, dan 4: tidak layu.

### **3.5.6 Tahap Uji Kandungan**

#### **3.5.6.1 Tahap Uji Kandungan Vitamin C**

Untuk melakukan tahap uji kandungan vitamin C pada tanaman sawi diperlukan beberapa tahap berikut ini:

1. Tanaman sawi dicuci dan ditimbang sebanyak 1 gram lalu dihaluskan.
2. Dilakukan pengenceran dengan campuran dari 5 mg asam askorbat dan 50 ml aquades untuk membuat larutan konsentrasi 100 ppm.

3. Dilakukan pengenceran kembali 1 ml larutan konsentrasi 100 ppm dan 25 ml aquades agar memperoleh larutan konsentrasi 4 ppm.
4. Pengenceran 2 ml larutan konsentrasi 100 ppm dan 25 ml aquades agar memperoleh larutan konsentrasi 8 ppm.
5. Selanjutnya dilakukan kembali pengenceran 3 ml larutan konsentrasi 100 ppm dan 25 ml aquades untuk memperoleh larutan konsentrasi 12 ppm.
6. Untuk larutan konsentrasi 16 ppm dilakukan pengenceran 4 ml larutan konsentrasi 100 ppm dan 25 ml aquades.
7. Masing-masing larutan variasi konsentrasi dipindahkan ke dalam kuvet pada spektrofotometri UV-Vis.
8. Dilakukan pengukuran absorbansi dengan alat spektrofotometri UV-Vis dengan panjang gelombang ( $\lambda = 265 \text{ nm}$ ).
9. Dicatat nilai yang diperoleh dan dilakukan pengolahan data untuk menentukan kandungan vitamin C pada tanaman sawi.

#### **3.5.6.2 Tahap Uji Kadar Klorofil**

Dalam melakukan tahap uji kadar klorofil diperlukan tahap-tahap sebagai berikut:

1. Tanaman sawi dicuci dan ditimbang sebanyak 1 gram lalu dihaluskan.
2. Ditambahkan 20 ml larutan alkohol 70% diaduk hingga tercampur rata dan disaring.
3. Dipindahkan ke dalam *beaker glass*, selanjutnya dimasukkan ke dalam kuvet pada spektrofotometri UV-Vis.
4. Dilakukan pengukuran absorbansi dengan alat spektrofotometri UV-Vis dengan panjang gelombang ( $\lambda = 663 \text{ nm}$  dan  $645 \text{ nm}$ ).

5. Dicatat nilai absorbansi yang diperoleh dan dilakukan pengolahan data untuk menentukan kadar klorofil pada tanaman sawi.

### 3.6 Pengambilan Data

Pengambilan data yang dilakukan pada penelitian ini meliputi kadar klorofil, dan ketahanan tanaman sawi dari penyakit busuk hitam (*black rot*) yang dipapari sinar UV-C dengan variasi intensitas sebesar  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ,  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dan  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  serta lama paparan selama 5 menit, 15 menit, dan 30 menit. Data yang didapatkan kemudian diolah dan dicatat pada tabel berikut ini.

#### 1) Kandungan Vitamin C

Pengambilan suatu data kandungan vitamin C dilakukan menggunakan spektrofotometri UV-Vis dengan panjang gelombang 265 nm untuk mencari nilai absorbansinya.

**Tabel 3.1** Data Kandungan Vitamin C Tanaman Sawi

Intensitas ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Lama Paparan (Menit)	Kandungan Vitamin C (mg/l)			Rata-rata
		1	2	3	
0	5				
	15				
	30				
50	5				
	15				
	30				
100	5				
	15				
	30				
175	5				
	15				
	30				

#### 2) Kadar Klorofil

Pengambilan data kadar klorofil dilakukan dengan metode spektrofotometri

UV-Vis untuk mencari nilai absorbansinya dengan panjang gelombang 645 nm dan 663 nm. Untuk menentukan nilai absoransi dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Klorofil a (mg/l)} = 12.7 A_{-663} - 2.69 A_{-645}$$

$$\text{Klorofil b (mg/l)} = 22.9 A_{-645} - 4.68 A_{-663}$$

**Tabel 3.2** Data Kadar Klorofil a Tanaman Sawi

Intensitas ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Lama Paparan (Menit)	Kadar Klorofil a (mg/ml)			Rata-rata
		1	2	3	
0	5				
	15				
	30				
50	5				
	15				
	30				
100	5				
	15				
	30				
175	5				
	15				
	30				

**Tabel 3.3** Data Kadar Klorofil b Tanaman Sawi

Intensitas ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Lama Paparan (Menit)	Kadar Klorofil b (mg/ml)			Rata-rata
		1	2	3	
0	5				
	15				
	30				
50	5				
	15				
	30				
100	5				
	15				
	30				
175	5				
	15				
	30				

### 3) Uji Ketahanan (Sifat Organoleptik Warna dan Tesktur)

Dilakukan pengambilan gambar menggunakan kamera *smartphone* dengan jarak 30 cm untuk analisis sifat organoleptik berupa warna dan tekstur kemudian

dianalisis menggunakan MATLAB dan hasil penilaian sesuai dengan kategori.

**Tabel 3.4** Data Organoleptik Warna Tanaman Sawi

Intensitas ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Lama Paparan (Menit)	Warna			Rata-rata
		1	2	3	
0	5				
	15				
	30				
50	5				
	15				
	30				
100	5				
	15				
	30				
175	5				
	15				
	30				

Kategori:

1. Kehitaman
2. Hijau kehitaman
3. Hijau kekuningan
4. Hijau

**Tabel 3.5** Data Organoleptik Tekstur Tanaman Sawi

Intensitas ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Lama Paparan (Menit)	Tekstur			Rata-rata
		1	2	3	
0	5				
	15				
	30				
50	5				
	15				
	30				
100	5				
	15				
	30				
175	5				
	15				
	30				

Kategori:

1. Sangat layu
2. Layu
3. Agak layu
4. Tidak layu

### **3.7 Analisis Data**

Dilakukan analisis data untuk mengetahui pengaruh paparan radiasi sinar UV-C terhadap kandungan vitamin C dan kadar klorofil secara statistik menggunakan aplikasi SPSS uji faktorial dilanjutkan uji *One Way* ANOVA. Jika hasil analisis menunjukkan adanya pengaruh, maka dilanjutkan dengan uji DMRT. Sedangkan analisis data untuk ketahanan tanaman sawi dari penyakit busuk hitam (*black rot*) dilihat dari sifat organoleptik berupa warna dan tekstur menggunakan MATLAB dilanjutkan dengan uji *Kruskal-Wallis H*. Selanjutnya memvisualisasikan hasil ke dalam bentuk grafik agar lebih mudah untuk dibandingkan dan dianalisis secara deskriptif.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

Penelitian tentang pengaruh paparan radiasi sinar UV-C terhadap kadar klorofil dan ketahanan tanaman sawi dari penyakit busuk hitam (*black rot*) melalui beberapa langkah. Adapun langkah yang pertama yaitu dilakukan penyemaian dan penanaman tanaman sawi hingga berumur 30 hari. Langkah kedua yaitu pembuatan *Nutrient Agar* untuk perkembangbiakan bakteri *Xanthomonas campestris*. Bakteri ini dibuat dari isolat bakteri asli dari Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya. Perkembangbiakan bakteri dengan media NA diinkubasi pada suhu 37°C di inkubator selama 24 jam. Selanjutnya dilakukan pengenceran dari hasil perkembangbiakan bakteri *Xanthomonas campestris* untuk disemprot ke tanaman. Langkah ketiga yaitu bakteri *Xanthomonas campestris* setelah dilakukan pengenceran disemprot ke tanaman sawi yang berumur 30 hari. Tiap tanaman disemprot bakteri sebanyak 1 ml secara merata. Langkah keempat yaitu pemaparan UV-C pada sampel tanaman sawi yang sudah terinfeksi bakteri *Xanthomonas campestris* menggunakan lampu UV-C 8 Watt dengan variasi intensitas sebesar 50  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  dan 175  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  serta lama paparan selama 5 menit, 15 menit dan 30 menit. Intensitas 50  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  didapatkan dari jarak lampu ke objek sebesar 50 cm, 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  didapatkan jarak lampu ke objek sebesar 40 cm dan 175  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  didapatkan dari jarak lampu ke objek sebesar 30 cm. Setiap perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Langkah kelima yaitu uji ketahanan dilakukan setelah 7 hari setelah dipapari bakteri dan sinar UV-C dengan dianalisis warna dan tekstur dengan dilakukan pengambilan gambar jarak kamera ke objek

sebesar 30 cm kemudian dianalisis menggunakan MATLAB. Langkah keenam yaitu uji kandungan vitamin C menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis dengan absorbansi panjang gelombang sebesar 265 nm. Dan langkah terakhir yaitu uji kandungan klorofil menggunakan spektrofotometri UV-Vis dengan panjang gelombang 645 nm dan 663 nm.

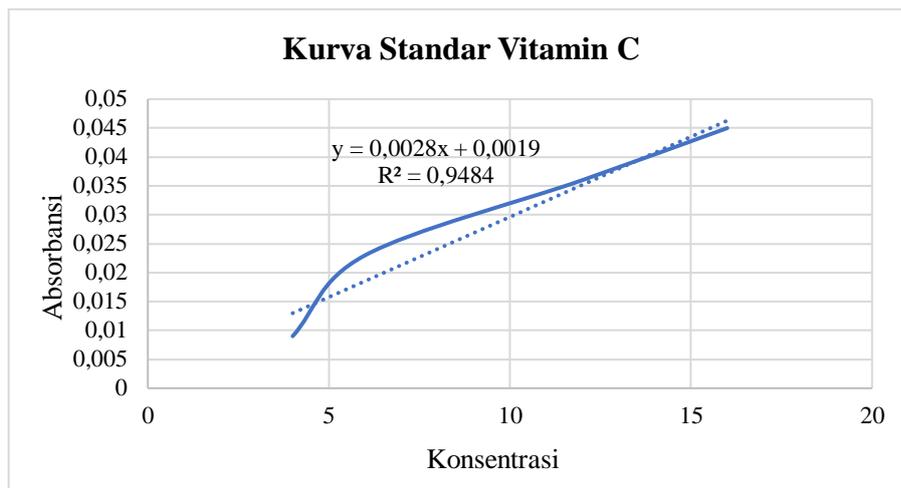
#### 4.1.1 Pengaruh Paparan Radiasi Sinar UV-C Terhadap Kandungan Vitamin C Tanaman Sawi Setelah Dipapari Bakteri *Xanthomonas campestris*

Pengukuran kandungan vitamin C menggunakan panjang gelombang 265 nm dari sampel tanaman sawi yang berumur 37 hari setelah tanam ditimbang sebanyak 1 gram dan dihaluskan kemudian dicampur dengan 50 ml aquades. Larutan standar vitamin C konsentrasi 100 ppm dibuat dari 5 mg asam askorbat yang dicampur 50 ml aquades. Dilakukan pengenceran untuk membuat larutan standar konsentrasi 4, 8, 12, dan 16 ppm dengan menambahkan 25 ml aquades dan larutan standar konsentrasi 100 ppm. Data nilai absorbansi larutan standar yang didapatkan sebagaimana pada tabel ini.

**Tabel 4.1** Data Nilai Absorbansi Larutan Standar Vitamin C

Konsentrasi (ppm)	Nilai Absorbansi
4 ppm	0,009
8 ppm	0,023
12 ppm	0,036
16 ppm	0,045

Data dari tabel 4.1 didapatkan kurva standar kandungan vitamin C dengan persamaan  $y = 0,0028x + 0,0019$  dengan nilai regresi linier  $R^2 = 0,9484$ . Grafik yang diperoleh sebagai berikut.



**Gambar 4.1** Grafik Kurva Standar Kandungan Vitamin C

Pengujian kandungan vitamin C diukur dengan alat spektrofotometer UV-Vis lalu nilai absorbansi yang didapatkan selanjutnya digunakan untuk menghitung kandungan vitamin C pada tanaman sawi. Data yang dihasilkan tertulis dalam tabel berikut ini.

**Tabel 4.2** Data Hasil Pengaruh Sinar UV-C Terhadap Kandungan Vitamin C Tanaman Sawi Setelah Dipapari Bakteri *Xanthomonas campestris*

Intensitas ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Lama Paparan (Menit)	Kandungan Vitamin C (mg/l)			Rata-rata
		1	2	3	
0	5	0,769	0,862	0,784	$0,126 \pm 0,049$
	15	0,769	0,862	0,784	$0,126 \pm 0,049$
	30	0,769	0,862	0,784	$0,126 \pm 0,049$
50	5	0,85	0,892	0,981	$0,229 \pm 0,066$
	15	1,112	1,553	1,589	$0,739 \pm 0,265$
	30	1,385	1,56	1,725	$0,878 \pm 0,170$
100	5	0,754	0,785	0,787	$0,096 \pm 0,018$
	15	1,769	1,694	1,647	$1,024 \pm 0,061$
	30	2,034	2,005	2,165	$1,389 \pm 0,085$
175	5	1,456	1,446	1,318	$0,728 \pm 0,076$
	15	1,653	1,587	1,569	$0,924 \pm 0,044$
	30	0,975	0,887	0,913	$0,246 \pm 0,045$

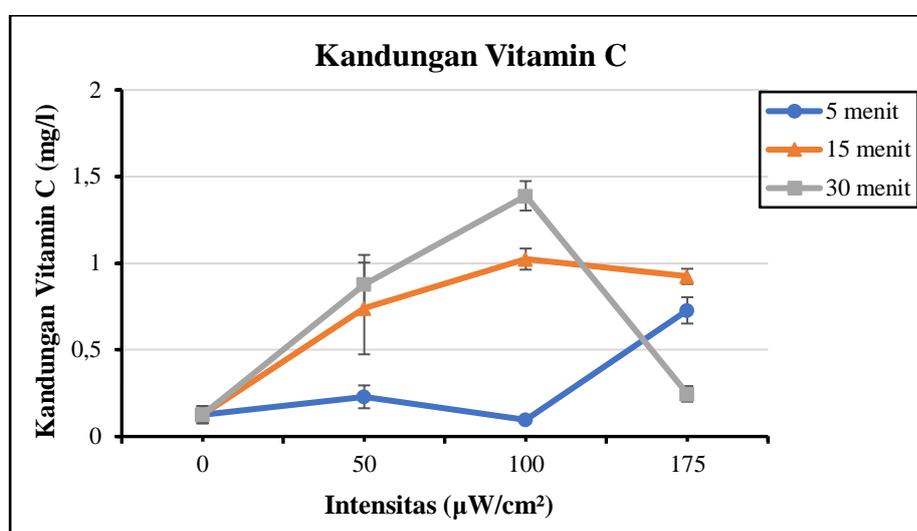
Dari tabel 4.2 menunjukkan hasil perhitungan kandungan vitamin C pada tanaman sawi kelompok kontrol dan kelompok perlakuan intensitas yang meningkat. Kandungan vitamin C pada kelompok kontrol dengan 3 kali

pengulangan dirata-rata sebesar  $0,126 \pm 0,049$  mg/l. Kelompok dengan perlakuan intensitas  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan selama 5 menit, kandungan vitamin C meningkat menjadi sebesar  $0,229 \pm 0,066$  mg/l. Saat intensitas  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan lebih lama yaitu 15 menit, kandungan vitamin C menjadi sebesar  $0,739 \pm 0,265$  mg/l. Intensitas  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 30 menit menunjukkan peningkatan kandungan vitamin C menjadi  $0,878 \pm 0,170$  mg/l. Semakin lama paparan yang terjadi pada intensitas  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  maka semakin terjadi peningkatan kandungan vitamin C pada tanaman sawi.

Pada intensitas lebih besar sebesar  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 5 menit diperoleh kandungan vitamin C sebesar  $0,096 \pm 0,018$  mg/l. Nilai kandungan vitamin C yang dihasilkan lebih tinggi dari intensitas  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 5 menit. Intensitas  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan lebih lama yaitu 15 menit, kandungan vitamin C meningkat menjadi  $1,024 \pm 0,061$  mg/l. Pada intensitas yang sama yaitu  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 30 menit menunjukkan peningkatan kandungan vitamin C menjadi  $1,389 \pm 0,085$  mg/l. Dengan intensitas  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dan lama paparan yang telah ditentukan terjadi peningkatan kandungan vitamin C.

Jika intensitas lebih besar yaitu  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 5 menit maka kandungan vitamin C menurun menjadi  $0,728 \pm 0,076$  mg/l. Intensitas yang sama yaitu  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 15 menit menunjukkan sedikit peningkatan kandungan vitamin C menjadi  $0,924 \pm 0,044$  mg/l. Dan intensitas  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 30 menit terjadi penurunan kandungan vitamin C menjadi  $0,246 \pm 0,045$  mg/l. Dapat diketahui bahwa intensitas UV-C dan lama paparan memiliki pengaruh terhadap kandungan vitamin C pada tanaman sawi.

Semakin tinggi intensitas dan lama paparan maka terjadi peningkatan kandungan vitamin C. Namun pada intensitas paling tinggi dan lama paparan paling lama yaitu  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  selama 30 menit terjadi penurunan kandungan vitamin C, hal ini dapat disebabkan karena intensitas dan lama paparan yang terlalu tinggi untuk tanaman sawi sehingga tanaman sawi mengalami stres oksidatif yang tinggi sehingga kandungan vitamin C menurun. Bentuk grafik yang dapat digambarkan untuk nilai kandungan vitamin C pada tanaman sawi adalah sebagai berikut.



**Gambar 4.2** Grafik Pengaruh Paparan Radiasi Sinar UV-C terhadap Kandungan Vitamin C

Gambar 4.2 di atas menunjukkan jika intensitas dan lama paparan memiliki pengaruh terhadap kandungan vitamin C. Pada intensitas  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dan lama paparan 30 menit, kandungan vitamin C tertinggi yang dihasilkan yaitu sebesar  $1,389 \pm 0,085 \text{ mg/l}$ . Kelompok kontrol (tanpa paparan UV-C) memiliki nilai kandungan vitamin C lebih rendah daripada kelompok perlakuan. Perlakuan intensitas dan lama paparan memiliki pengaruh terhadap kandungan vitamin C pada tanaman sawi. Untuk mengetahui signifikansi pengaruh dari dua kelompok bahkan lebih dengan dilakukan analisis SPSS sebagai berikut.

**Tabel 4.3** Hasil Uji Faktorial Nilai Kandungan Vitamin C

Source	Type III Sum Of Square	df	Mean Square	F	Sig.
Model	61,155 <sup>a</sup>	12	5,096	460,747	0,000
Intensitas	2,456	3	0,819	74,023	0,000
Lamapaparan	1,209	2	0,604	54,633	0,000
Intensitas*lamapaparan	2,888	6	0,481	43,512	0,000
Error	0,265	24	0,011		
Total	61,420	36			

Berdasarkan analisis statistik uji faktorial menggunakan SPSS diperoleh bahwa nilai signifikansi untuk faktor intensitas sebesar 0,000, faktor lama paparan sebesar 0,000 dan interaksi antara keduanya juga sebesar 0,000 sehingga seluruhnya kurang dari 0,05. Jika nilai signifikansi  $< 0,05$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima sehingga dapat disimpulkan bahwa intensitas sinar UV-C, lama paparan, dan interaksi keduanya berpengaruh signifikan terhadap kandungan vitamin C pada tanaman sawi. Selanjutnya dilakukan uji DMRT untuk mengetahui perlakuan intensitas dan lama paparan sinar UV-C yang memberikan pengaruh paling signifikan terhadap kandungan vitamin C pada tanaman sawi seperti pada tabel berikut.

**Tabel 4.4** Hasil Uji DMRT Intensitas Sinar UV-C Terhadap Kandungan Vitamin C

Intensitas ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Vitamin C (mg/ml)	Notasi
0	0,805	a
50	1,294	b
175	1,311	b
100	1,515	c

Keterangan: Notasi (a, b, c, d) menunjukkan perbedaan nyata dari intensitas sinar UV-C berdasarkan hasil uji DMRT

Dari hasil uji DMRT pada tabel 4.4 menunjukkan bahwa intensitas sinar UV-C terdapat pengaruh terhadap kandungan vitamin C tanaman sawi. Perlakuan intensitas sinar UV-C yang memiliki pengaruh paling optimal yaitu pada intensitas sebesar  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan notasi c. Hal ini diketahui dengan perbedaan nilai cukup tinggi daripada intensitas lainnya. Jika notasi hurufnya semakin besar maka nilai kandungan vitamin C juga semakin tinggi.

**Tabel 4.5** Hasil Uji DMRT Lama Paparan Terhadap Kandungan Vitamin C

Lama Paparan (Menit)	Vitamin C (mg/ml)	Notasi
5	0,973	a
30	1,338	b
15	1,382	b

Keterangan: Notasi (a, b, c) menunjukkan perbedaan nyata dari lama paparan berdasarkan hasil uji DMRT

Analisis uji DMRT pada tabel 4.5 menunjukkan bahwa lama paparan terdapat pengaruh terhadap kandungan vitamin C tanaman sawi. Perlakuan lama paparan 5 menit memiliki perbedaan yang nyata ditunjukkan dengan perbedaan notasi hurufnya. Jika notasi hurufnya semakin besar maka nilai kandungan vitamin C juga semakin tinggi.

**Tabel 4.6** Hasil Uji DMRT Intensitas Sinar UV-C dan Lama Paparan Terhadap Kandungan Vitamin C

Intensitas ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Lama Paparan (Menit)	Vitamin C (mg/ml)	Notasi
100	30	0,669	a
0	5	0,862	ab
50	15	0,894	ab
100	15	1,115	ab
175	30	1,266	ab
50	5	1,306	ab
0	15	1,335	ab
50	30	1,361	ab

175	5	1,431	ab
0	30	1,494	ab
100	5	1,519	ab
175	15	1,533	c

Keterangan: Notasi (a, b,c) menunjukkan perbedaan nyata dari intensitas dan lama paparan berdasarkan hasil uji DMRT

Analisis uji DMRT pada tabel 4.6 menunjukkan pengaruh antara kelompok kontrol dan kelompok perlakuan intensitas sinar UV-C. Pada intensitas dan lama paparan yang menggunakan notasi huruf yang sama dan berdekatan memiliki pengaruh yang tidak berbeda jauh seperti ab. Perlakuan dengan intensitas 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 30 menit menunjukkan perbedaan yang paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Dan kelompok kontrol (tanpa paparan UV-C) memiliki kandungan vitamin C terendah. Semakin besar notasi hurufnya maka semakin tinggi kandungan vitamin C yang dihasilkan.

#### 4.1.2 Pengaruh Paparan Radiasi Sinar UV-C Terhadap Kadar Klorofil

##### Tanaman Sawi Setelah Dipapari Bakteri *Xanthomonas campestris*

Pengukuran kadar klorofil a dan b diambil dari sampel tanaman sawi yang berumur 37 hari setelah tanam dengan ditimbang sebanyak 1 gram kemudian dihaluskan dan dicampur dengan alkohol 70% sebanyak 20 ml. Selanjutnya diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 645 nm dan 663 nm. Nilai absorbansi yang diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung kadar klorofil a dan b. Data yang diperoleh tertulis dalam tabel di bawah ini.

**Tabel 4.7** Data Hasil Pengaruh Sinar UV-C Terhadap Kadar Klorofil a Tanaman Sawi Setelah Dipapari Bakteri *Xanthomonas campestris*

Intensitas ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Lama Paparan (Menit)	Kadar Klorofil a (mg/ml)			Rata-rata
		1	2	3	
0	5	1,197	1,889	1,480	1,522 $\pm$ 0,348
	15	1,197	1,889	1,480	1,522 $\pm$ 0,348

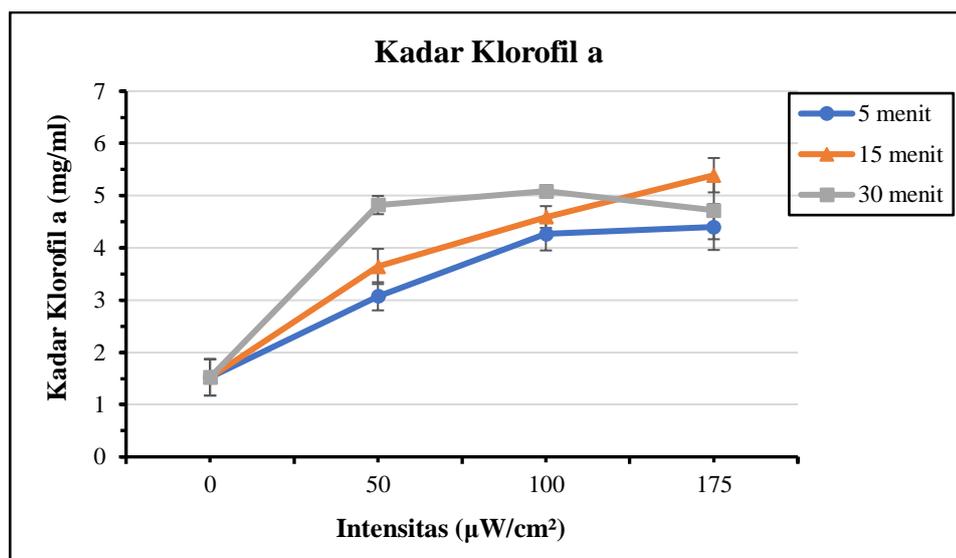
	30	1,197	1,889	1,480	1,522±0,348
50	5	3,001	3,372	2,848	3,074±0,269
	15	3,271	3,735	3,928	3,645±0,337
	30	4,636	4,841	4,985	4,821±0,175
100	5	4,587	4,255	3,957	4,267±0,315
	15	4,814	4,561	4,398	4,591±0,209
	30	4,973	5,084	5,203	5,087±0,114
175	5	4,167	4,126	4,908	4,401±0,440
	15	5,104	5,230	5,752	5,392±0,329
	30	4,381	4,417	5,358	4,719±0,553

Dari tabel 4.7 menunjukkan hasil kadar klorofil a pada tanaman sawi kelompok kontrol dan kelompok perlakuan intensitas yang meningkat. Kadar klorofil a pada kelompok kontrol dengan 3 kali pengulangan jika dirata-rata sebesar 1,522±0,348 mg/ml. Kelompok dengan perlakuan intensitas 50  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan selama 5 menit, kadar klorofil a meningkat lebih tinggi menjadi sebesar 3,074±0,269 mg/ml. Saat intensitas 50  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan lebih lama yaitu 15 menit, kadar klorofil a menjadi sebesar 3,645±0,337 mg/ml. Intensitas 50  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 30 menit menunjukkan peningkatan nilai kadar klorofil a menjadi 4,821±0,175 mg/ml. Semakin lama paparan yang terjadi pada intensitas 50  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  maka semakin terjadi peningkatan kadar klorofil a pada tanaman sawi.

Pada intensitas 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 5 menit diperoleh kadar klorofil a sebesar 4,267±0,315 mg/ml. Nilai kadar klorofil a yang dihasilkan lebih tinggi dari intensitas 50  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 5 menit. Intensitas 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan lebih lama yaitu 15 menit, kadar klorofil a meningkat menjadi 4,591±0,209 mg/ml. Pada intensitas yang sama yaitu 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 30 menit menunjukkan peningkatan kadar klorofil

a menjadi  $5,087 \pm 0,114$  mg/ml. Dengan intensitas  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dan lama paparan yang telah ditentukan terjadi peningkatan kadar klorofil a yang semakin tinggi.

Jika intensitas paling besar yaitu  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 5 menit maka kadar klorofil a menurun menjadi  $4,401 \pm 0,440$  mg/ml. Intensitas yang sama yaitu  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 15 menit menunjukkan peningkatan kadar klorofil a cukup tinggi menjadi  $5,392 \pm 0,329$  mg/ml. Dan intensitas  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 30 menit terjadi penurunan kadar klorofil a menjadi  $4,719 \pm 0,553$  mg/ml. Dapat diketahui bahwa intensitas UV-C dan lama paparan memiliki pengaruh terhadap kadar klorofil a pada tanaman sawi. Semakin tinggi intensitas dan lama paparan maka terjadi peningkatan kadar klorofil a. Namun pada intensitas paling tinggi dan lama paparan paling lama yaitu  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  selama 30 menit terjadi penurunan nilai kadar klorofil a, hal ini dapat disebabkan karena nilai intensitas dan lama paparan yang terlalu tinggi untuk tanaman sawi. Bentuk grafik yang dapat digambarkan untuk nilai kadar klorofil a pada tanaman sawi adalah sebagai berikut.



**Gambar 4.3** Grafik Pengaruh Paparan Radiasi Sinar UV-C terhadap Kadar Klorofil a

Gambar 4.3 menunjukkan jika intensitas  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 15 menit memiliki kadar klorofil a tertinggi sebesar  $5,392 \pm 0,329 \text{ mg/ml}$ . Sedangkan kadar klorofil a tertinggi kedua pada intensitas  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 30 menit sebesar  $5,087 \pm 0,114 \text{ mg/ml}$ . Kelompok kontrol (tanpa paparan UV-C) memiliki nilai kadar klorofil a lebih rendah daripada kelompok perlakuan. Perlakuan intensitas dan lama paparan memiliki pengaruh terhadap kadar klorofil a pada tanaman sawi. Untuk membuktikan signifikansi pengaruh dari dua kelompok bahkan lebih dengan dilakukan analisis SPSS sebagai berikut.

**Tabel 4.8** Hasil Uji Faktorial Nilai Kadar Klorofil a

Source	Type III Sum Of Square	df	Mean Square	F	Sig.
Model	566,438 <sup>a</sup>	12	47,203	420,743	0,000
Intensitas	62,613	3	20,871	186,034	0,000
Lamapaparan	3,220	2	1,610	14,353	0,000
Intensitas*lamapaparan	4,101	6	0,684	6,093	0,001
Error	2,693	24	0,112		
Total	569,131	36			

Analisis kadar klorofil a secara statistik dengan uji faktorial diperoleh nilai signifikansi untuk faktor intensitas sebesar 0,000, faktor lama paparan sebesar 0,000 dan interaksi antara keduanya sebesar 0,001 sehingga seluruhnya  $< 0,05$ . Jika nilai signifikansi  $< 0,05$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima sehingga dapat diketahui bahwa intensitas sinar UV-C, lama paparan, dan interaksi keduanya berpengaruh signifikan terhadap kadar klorofil a pada tanaman sawi. Selanjutnya dilakukan uji DMRT untuk mengetahui perlakuan intensitas dan lama paparan sinar UV-C yang memberikan pengaruh paling signifikan terhadap kadar klorofil a pada tanaman sawi. Hasilnya tertulis pada tabel berikut.

**Tabel 4.9** Hasil Uji DMRT Intensitas Sinar UV-C Terhadap Kadar Klorofil a

Intensitas ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Kadar Klorofil a (mg/ml)	Notasi
0	1,522	a
50	3,846	b
100	4,648	c
175	4,837	c

Keterangan: Notasi (a, b, c) menunjukkan perbedaan nyata dari intensitas sinar UV-C berdasarkan hasil uji DMRT

Dari hasil uji DMRT pada tabel 4.9 menunjukkan bahwa intensitas sinar UV-C terdapat pengaruh terhadap kadar klorofil a pada tanaman sawi. Perlakuan intensitas  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  tidak jauh berbeda dengan intensitas  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  ditunjukkan dengan notasi huruf yang sama yaitu c. Perlakuan intensitas sinar UV-C yang memiliki pengaruh paling optimal yaitu pada intensitas sebesar  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan notasi b. Jika notasi hurufnya semakin besar maka nilai kadar klorofil a juga semakin tinggi.

**Tabel 4.10** Hasil Uji DMRT Lama Paparan Terhadap Kadar Klorofil a

Lama Paparan (Menit)	Kadar Klorofil a (mg/ml)	Notasi
5	3,316	a
15	3,787	b
30	4,037	b

Keterangan: Notasi (a, b) menunjukkan perbedaan nyata dari lama paparan berdasarkan hasil uji DMRT

Analisis uji DMRT pada tabel 4.10 menunjukkan bahwa lama paparan memiliki pengaruh terhadap kadar klorofil a pada tanaman sawi. Perlakuan dengan lama paparan 15 menit tidak jauh berbeda dengan lama paparan 30 menit ditunjukkan dengan notasi huruf yang sama yaitu b. Lama paparan yang memiliki pengaruh paling optimal yaitu pada 5 menit dengan notasi a. Jika notasi hurufnya semakin besar maka nilai kadar klorofil a juga semakin tinggi.

**Tabel 4.11** Hasil Uji DMRT Intensitas Sinar UV-C dan Lama Paparan Terhadap Kadar Klorofil a

Intensitas ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Lama Paparan (Menit)	Kadar Klorofil a (mg/ml)	Notasi
0	5	1,197	a
100	30	1,522	a
50	15	1,889	a
0	15	3,636	b
175	5	3,920	bc
50	30	3,983	bc
175	15	4,519	bcd
50	5	4,551	bcd
100	15	4,621	bcd
100	5	4,633	bcd
0	30	4,791	cd
175	30	5,339	d

Keterangan: Notasi (a, b, c) menunjukkan perbedaan nyata dari intensitas dan lama paparan berdasarkan hasil uji DMRT

Analisis uji DMRT pada tabel 4.11 menunjukkan terdapat pengaruh antara kelompok kontrol dan kelompok perlakuan intensitas sinar UV-C. Pada intensitas dan lama paparan yang menggunakan notasi huruf yang sama dan berdekatan memiliki pengaruh yang tidak berbeda jauh seperti bc, bcd dan cd. Perlakuan dengan intensitas  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 30 menit menunjukkan perbedaan yang paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Semakin besar notasi hurufnya maka semakin tinggi nilai kadar klorofil a yang dihasilkan.

**Tabel 4.12** Data Hasil Pengaruh Sinar UV-C Terhadap Kadar Klorofil b Tanaman Sawi Setelah Dipapari Bakteri *Xanthomonas campestris*

Intensitas ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Lama Paparan (Menit)	Kadar Klorofil b (mg/ml)			Rata-rata
		1	2	3	
0	5	1,706	1,604	1,360	$1,557 \pm 0,177$
	15	1,706	1,604	1,360	$1,557 \pm 0,177$

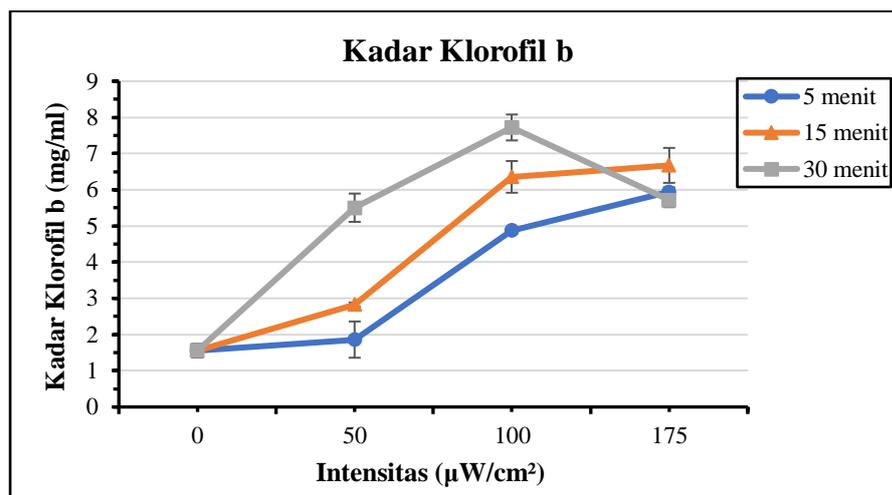
	30	1,706	1,604	1,360	1,557±0,177
50	5	1,654	1,495	2,433	1,861±0,501
	15	2,869	2,851	2,758	2,826±0,059
	30	5,214	5,949	5,349	5,504±0,391
100	5	4,903	4,938	4,785	4,876±0,080
	15	5,872	6,468	6,726	6,355±0,438
	30	8,135	7,503	7,525	7,721±0,358
175	5	6,723	6,454	4,654	5,944±0,125
	15	7,123	6,737	6,161	6,674±0,483
	30	6,863	5,010	5,277	5,717±0,196

Dari tabel 4.12 menunjukkan hasil kadar klorofil b pada tanaman sawi kelompok kontrol dan kelompok perlakuan intensitas yang meningkat. Kadar klorofil b pada kelompok kontrol dengan 3 kali pengulangan jika dirata-rata sebesar 1,557±0,177 mg/ml. Kelompok dengan perlakuan intensitas 50  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan selama 5 menit, kadar klorofil b meningkat menjadi sebesar 1,861±0,501 mg/ml. Saat intensitas 50  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan lebih lama yaitu 15 menit, kadar klorofil b menjadi sebesar 2,826±0,059 mg/ml. Intensitas 50  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 30 menit menunjukkan peningkatan lebih tinggi nilai kadar klorofil b menjadi 5,504±0,391 mg/ml. Semakin lama paparan yang terjadi pada intensitas 50  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  maka semakin terjadi peningkatan kadar klorofil b pada tanaman sawi.

Pada intensitas 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 5 menit diperoleh kadar klorofil b sebesar 4,876±0,080 mg/ml. Nilai kadar klorofil b yang dihasilkan lebih tinggi dari intensitas 50  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 5 menit. Intensitas 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan lebih lama yaitu 15 menit, kadar klorofil b meningkat lebih tinggi menjadi 6,355±0,438 mg/ml. Pada intensitas yang sama yaitu 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 30 menit menunjukkan peningkatan kadar klorofil b menjadi 7,721±0,358 mg/ml. Dengan intensitas 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  dan

lama paparan yang telah ditentukan terjadi peningkatan kadar klorofil b yang semakin tinggi.

Jika intensitas paling besar yaitu  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 5 menit maka kadar klorofil b menurun menjadi  $5,944 \pm 0,125 \text{ mg/ml}$ . Intensitas yang sama yaitu  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 15 menit menunjukkan peningkatan kadar klorofil b cukup tinggi menjadi  $6,674 \pm 0,483 \text{ mg/ml}$ . Dan intensitas  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 30 menit terjadi penurunan kadar klorofil b menjadi  $5,717 \pm 0,196 \text{ mg/ml}$ . Dapat diketahui bahwa intensitas UV-C dan lama paparan memiliki pengaruh terhadap kadar klorofil b pada tanaman sawi. Semakin tinggi intensitas dan lama paparan maka terjadi peningkatan kadar klorofil b. Namun pada intensitas paling tinggi dan lama paparan paling lama yaitu  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  selama 30 menit terjadi penurunan nilai kadar klorofil b disebabkan nilai intensitas dan lama paparan yang terlalu tinggi untuk tanaman sawi. Bentuk grafik yang dapat digambarkan untuk nilai kadar klorofil b pada tanaman sawi adalah sebagai berikut.



**Gambar 4.4** Grafik Pengaruh Paparan Radiasi Sinar UV-C terhadap Kadar Klorofil b

Gambar 4.4 menunjukkan jika intensitas  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 30 menit memiliki kadar klorofil b tertinggi sebesar  $7,721 \pm 0,358 \text{ mg/ml}$ . Sedangkan kadar klorofil b tertinggi kedua pada intensitas  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 15 menit sebesar  $6,674 \pm 0,483 \text{ mg/ml}$ . Kelompok kontrol (tanpa paparan UV-C) memiliki nilai kadar klorofil b lebih rendah daripada kelompok perlakuan. Perlakuan intensitas dan lama paparan memiliki pengaruh terhadap kadar klorofil b pada tanaman sawi. Untuk membuktikan signifikansi pengaruh dari dua kelompok bahkan lebih dengan dilakukan analisis SPSS sebagai berikut.

**Tabel 4.13** Hasil Uji Faktorial Nilai Kadar Klorofil b

Source	Type III Sum Of Square	df	Mean Square	F	Sig.
Model	856,146 <sup>a</sup>	12	71,345	256,735	0,000
Intensitas	141,162	3	47,054	169,323	0,000
Lamapaparan	14,704	2	7,352	26,456	0,000
Intensitas*lamapaparan	20,321	6	3,387	12,187	0,000
Error	6,670	24	0,278		
Total	862,815	30			

Analisis kadar klorofil b secara statistik dengan uji faktorial diperoleh nilai signifikansi untuk faktor intensitas sebesar 0,000, faktor lama paparan sebesar 0,000, dan interaksi antara keduanya juga sebesar 0,000 sehingga seluruhnya kurang dari 0,05. Jika nilai signifikansi  $< 0,05$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima sehingga dapat diketahui bahwa intensitas sinar UV-C, lama paparan, dan interaksi keduanya berpengaruh signifikan terhadap kadar klorofil b pada tanaman sawi. Selanjutnya dilakukan uji DMRT untuk mengetahui perlakuan intensitas dan lama paparan sinar UV-C yang memberikan pengaruh paling signifikan terhadap kandungan vitamin C pada tanaman sawi. Hasilnya tertulis pada tabel berikut.

**Tabel 4.14** Hasil Uji DMRT Intensitas Sinar UV-C Terhadap Kadar Klorofil b

Intensitas ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Kadar Klorofil b (mg/ml)	Notasi
0	1,556	a
50	3,397	b
175	6,111	c
100	6,317	c

Keterangan: Notasi (a, b, c) menunjukkan perbedaan nyata dari intensitas sinar UV-C berdasarkan hasil uji DMRT

Dari hasil uji DMRT pada tabel 4.14 menunjukkan bahwa intensitas sinar UV-C terdapat pengaruh terhadap kadar klorofil b pada tanaman sawi. Perlakuan intensitas  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  tidak jauh berbeda dengan intensitas  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  ditunjukkan dengan notasi huruf yang sama yaitu c. Perlakuan intensitas sinar UV-C yang memiliki pengaruh paling optimal yaitu pada intensitas sebesar  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan notasi b.

**Tabel 4.15** Hasil Uji DMRT Lama Paparan Terhadap Kadar Klorofil b

Lama Paparan (Menit)	Kadar Klorofil b (mg/ml)	Notasi
5	3,559	a
15	4,353	b
30	5,125	c

Keterangan: Notasi (a, b, c) menunjukkan perbedaan nyata dari lama paparan berdasarkan hasil uji DMRT

Analisis uji DMRT pada tabel 4.15 menunjukkan bahwa lama paparan memiliki pengaruh terhadap kadar klorofil b pada tanaman sawi. Setiap perlakuan lama paparan memiliki perbedaan yang nyata ditunjukkan dengan perbedaan notasi hurufnya. Jika notasi hurufnya semakin besar maka nilai kandungan vitamin C juga semakin tinggi.

**Tabel 4.16** Hasil Uji DMRT Intensitas Sinar UV-C dan Lama Paparan Terhadap Kadar Klorofil b

Intensitas ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Lama Paparan (Menit)	Kadar Klorofil b (mg/ml)	Notasi
100	30	1,360	a
50	15	1,604	a
0	5	1,706	a
0	15	3,246	ab
50	30	3,432	ab
175	5	3,513	ab
175	30	5,364	bc
100	15	6,067	c
100	5	6,303	c
0	30	6,304	c
175	15	6,345	c
50	5	6,903	c

Keterangan: Notasi (a, b, c) menunjukkan perbedaan nyata dari intensitas dan lama paparan berdasarkan hasil uji DMRT

Analisis uji DMRT pada tabel 4.16 menunjukkan terdapat pengaruh antara kelompok kontrol dan kelompok perlakuan intensitas sinar UV-C. Pada intensitas dan lama paparan yang menggunakan notasi huruf yang sama dan berdekatan memiliki pengaruh yang tidak berbeda jauh seperti a, ab dan c. Perlakuan dengan intensitas  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 30 menit menunjukkan perbedaan yang paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Semakin besar notasi hurufnya maka semakin tinggi nilai kadar klorofil b yang dihasilkan.

#### 4.1.3 Pengaruh Paparan Radiasi Sinar UV-C Terhadap Sifat Organoleptik

##### Berdasarkan Warna dan Tekstur pada Tanaman Sawi

Sifat organoleptik berupa warna dan tekstur tanaman sawi dilakukan setelah 7 hari setelah diberi bakteri *Xanthomonas campestris* dan dipapari sinar

UV-C dengan dianalisis warna dan tekstur dengan dilakukan pengambilan gambar jarak kamera ke objek sebesar 30 cm dianalisis menggunakan MATLAB.

#### 4.1.3.1 Warna

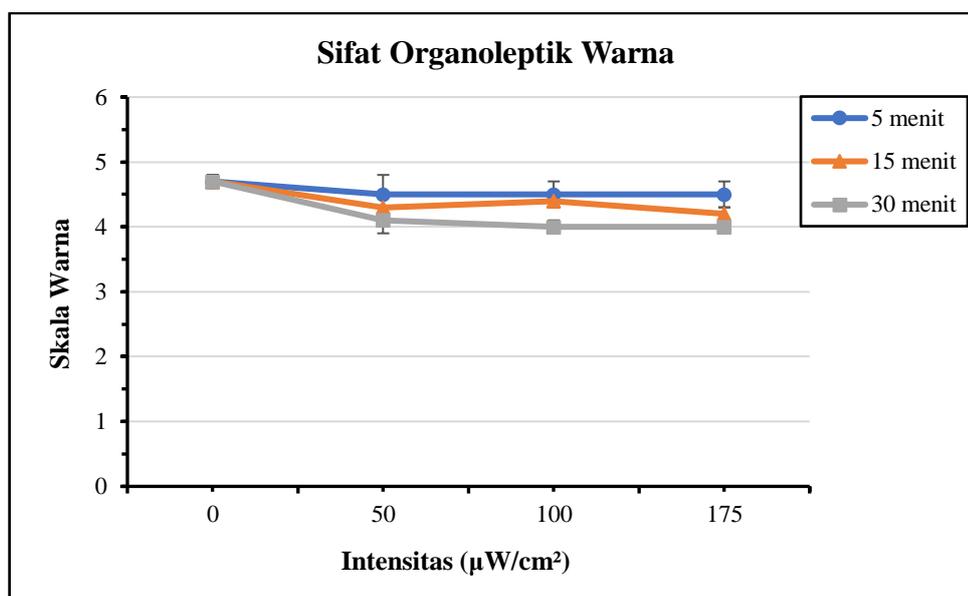
Sifat organoleptik berupa warna menggunakan nilai RGB dari setiap gambar tanaman sawi dari aplikasi MATLAB. RGB (*Red, Green, Blue*) dilakukan untuk memperoleh fitur warna yang lebih stabil dan sesuai persepsi manusia dalam identifikasi warna yang relevan untuk ketahanan tanaman berdasarkan sifat organoleptik warna. Di bawah ini adalah hasil pengaruh sinar UV-C terhadap ketahanan tanaman sawi dari sifat organoleptik berupa warna.

**Tabel 4.17** Data Hasil Pengaruh Sinar UV-C Terhadap Ketahanan Tanaman Sawi Ditinjau dari Sifat Organoleptik Warna

Intensitas ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Lama Paparan (Menit)	Warna			Rata-rata
		1	2	3	
0	5	4,8	4,7	4,8	$4,7 \pm 0,1$
	15	4,8	4,7	4,8	$4,7 \pm 0,1$
	30	4,8	4,7	4,8	$4,7 \pm 0,1$
50	5	4,5	4,2	4,9	$4,5 \pm 0,3$
	15	4,3	4,6	4,2	$4,3 \pm 0,2$
	30	3,9	4,2	4,3	$4,1 \pm 0,2$
100	5	4,7	4,3	4,6	$4,5 \pm 0,2$
	15	4,4	4,3	4,5	$4,4 \pm 0,1$
	30	4,2	3,9	4,0	$4,0 \pm 0,1$
175	5	4,6	4,7	4,3	$4,5 \pm 0,2$
	15	4,2	4,1	4,3	$4,2 \pm 0,1$
	30	4,0	4,1	3,9	$4,0 \pm 0,1$

Tabel 4.17 menunjukkan data hasil pengaruh sinar UV-C terhadap ketahanan tanaman sawi dilihat dari sifat organoleptik (warna). Kelompok intensitas dengan lama paparan 5 menit menunjukkan hasil terbaik daripada lama paparan lainnya yaitu semua intensitas memiliki nilai yang sama sebesar 4,5. Pada lama paparan 15 menit nilai yang dihasilkan sedikit menurun yaitu

pada intensitas  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  sebesar  $4,3 \pm 0,2$ , intensitas  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  sebesar  $4,4 \pm 0,1$  dan intensitas  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  sebesar  $4,2 \pm 0,1$ . Dan pada lama paparan 30 menit juga mengalami penurunan, intensitas  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  nilai sebesar  $4,1 \pm 0,2$ , intensitas  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  sebesar  $4,0 \pm 0,1$  dan intensitas  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  sebesar  $4,0 \pm 0,1$ . Dan kelompok kontrol (tanpa paparan UV-C) memiliki nilai lebih tinggi dari kelompok perlakuan. Sehingga dapat diketahui bahwa semakin lama paparan sinar UV-C maka semakin menurun nilai yang didapatkan, namun sifat organoleptik berupa warna setelah dipapari sinar UV-C masih tergolong dalam skala kategori aman yaitu kategori 4 (Hijau) dan terdapat 3 hasil yang berupa kategori 3 (Hijau kekuningan). Grafik yang dapat digambarkan untuk sifat organoleptik warna pada tanaman sawi adalah sebagai berikut.



**Gambar 4.5** Grafik Pengaruh Paparan Radiasi Sinar UV-C terhadap Ketahanan Tanaman Sawi (Sifat Organoleptik Warna)

Gambar 4.5 menunjukkan jika lama paparan 5 menit memiliki sifat organoleptik (warna) terbaik daripada lainnya. Pada lama paparan 15 menit dan 30 menit sifat organoleptik (warna) menurun namun masih dalam kategori aman. Perlakuan intensitas dan lama paparan memiliki pengaruh terhadap ketahanan

tanaman sawi ditinjau dari sifat organoleptik berupa warna. Untuk membuktikan signifikansi pengaruh dilakukan analisis SPSS sebagai berikut.

**Tabel 4.18** Hasil Uji *Kruskal-Wallis H* Terhadap Sifat Organoleptik Warna

	Warna
<b>Kruskal-Wallis H</b>	16,852
<b>df</b>	3
<b>Asymp. Sig.</b>	0,001

Analisis secara statistik dengan uji *Kruskal-Wallis H* diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,001. Jika nilai signifikansi  $< 0,05$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima sehingga dapat diketahui bahwa intensitas dan lama paparan sinar UV-C memiliki pengaruh terhadap ketahanan tanaman sawi dilihat dari sifat organoleptik berupa warna. Paparan sinar UV-C dapat menjaga warna dan tekstur tanaman sawi dengan cara menstabilkan komponen struktural dan pigmen alaminya. Melalui paparan sinar UV-C terjadi penurunan aktivitas enzim seperti *chlorophyllase*, *pektin methyl esterase* (PME) dan *polygalacturonase* (PG) yang bertanggung jawab untuk degradasi pigmen dan dinding sel sehingga menyebabkan perubahan warna dan pelunakan tekstur. Dengan menghambat aktivitas enzim tersebut, struktur dinding sel tetap utuh dan pigmen seperti klorofil tetap stabil sehingga warna hijau segar tetap terjaga.

#### 4.1.3.2 Tekstur

Untuk sifat organoleptik tekstur menggunakan nilai entropi dari setiap gambar tanaman sawi yang dihasilkan dari MATLAB. Nilai entropi memberikan informasi tentang fitur permukaan tekstur kasar dan halus. Entropi kebalikan dari homogenitas, yaitu ukuran tingkat derajat keabuan suatu citra. Semakin adanya peningkatan nilai entropi maka semakin tinggi kerusakan jaringan pada

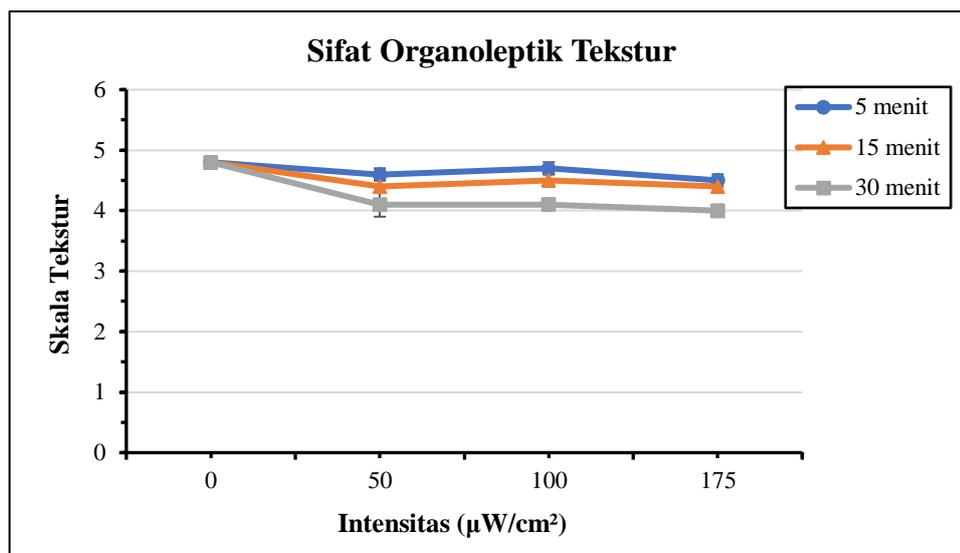
tanaman. Di bawah ini adalah hasil pengaruh sinar UV-C terhadap ketahanan tanaman sawi dari sifat organoleptik berupa tekstur.

**Tabel 4.19** Data Hasil Pengaruh Sinar UV-C Terhadap Ketahanan Tanaman Sawi Ditinjau dari Sifat Organoleptik Tekstur

Intensitas ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Lama Paparan (Menit)	Tekstur			Rata-rata
		1	2	3	
0	5	4,8	4,7	4,9	$4,8 \pm 0,1$
	15	4,8	4,7	4,9	$4,8 \pm 0,1$
	30	4,8	4,7	4,9	$4,8 \pm 0,1$
50	5	4,7	4,6	4,5	$4,6 \pm 0,1$
	15	4,5	4,4	4,3	$4,4 \pm 0,1$
	30	3,9	4,3	4,1	$4,1 \pm 0,2$
100	5	4,6	4,7	4,9	$4,7 \pm 0,1$
	15	4,6	4,5	4,4	$4,5 \pm 0,1$
	30	4,0	4,1	4,2	$4,1 \pm 0,1$
175	5	4,7	4,5	4,4	$4,5 \pm 0,1$
	15	4,4	4,5	4,3	$4,4 \pm 0,1$
	30	3,9	4,2	4,1	$4,0 \pm 0,1$

Tabel 4.19 menunjukkan data hasil pengaruh sinar UV-C terhadap ketahanan tanaman sawi dilihat dari sifat organoleptik (tekstur). Kelompok lama paparan 5 menit menunjukkan hasil terbaik daripada lama paparan lainnya yaitu pada intensitas  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  sebesar  $4,7 \pm 0,1$ . Intensitas  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  didapatkan nilai sebesar  $4,6 \pm 0,1$  dan intensitas  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  sebesar  $4,5 \pm 0,1$ . Pada lama paparan 15 menit nilai yang dihasilkan sedikit menurun yaitu pada intensitas  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  sebesar  $4,4 \pm 0,1$ , intensitas  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  sebesar  $4,5 \pm 0,1$  dan intensitas  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  sebesar  $4,4 \pm 0,1$ . Dan pada lama paparan 30 menit juga mengalami penurunan, intensitas  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  nilai sebesar  $4,1 \pm 0,2$ , intensitas  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  sebesar  $4,1 \pm 0,1$  dan intensitas  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  sebesar  $4,0 \pm 0,1$ . Dan kelompok kontrol (tanpa paparan UV-C) memiliki nilai lebih tinggi dari kelompok perlakuan. Dapat diketahui bahwa semakin lama paparan sinar UV-C maka

semakin menurun nilai yang didapatkan, namun sifat organoleptik berupa tesktur setelah dipapari sinar UV-C masih tergolong dalam skala kategori aman yaitu kategori 4 (Tidak layu) dan terdapat 2 hasil yang berupa kategori 3 (Agak layu). Grafik yang dapat digambarkan untuk sifat organoleptik warna pada tanaman sawi adalah sebagai berikut.



**Gambar 4.6** Grafik Pengaruh Paparan Radiasi Sinar UV-C terhadap Ketahanan Tanaman Sawi (Sifat Organoleptik Tekstur)

Gambar 4.6 menunjukkan jika lama paparan 5 menit memiliki sifat organoleptik (tekstur) terbaik daripada lainnya. Pada lama paparan 15 menit dan 30 menit sifat organoleptik (tekstur) menurun namun masih dalam kategori aman. Perlakuan intensitas dan lama paparan memiliki pengaruh terhadap ketahanan tanaman sawi ditinjau dari sifat organoleptik berupa tekstur. Untuk membuktikan signifikansi pengaruh dilakukan analisis SPSS sebagai berikut.

**Tabel 4.20** Hasil Uji *Kruskal-Wallis H* Terhadap Sifat Organoleptik Tekstur

	Tekstur
<b>Kruskal-Wallis H</b>	18,656
<b>df</b>	3
<b>Asymp. Sig.</b>	0,000

Analisis secara statistik dengan uji *Kruskal-Wallis H* diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,000. Jika nilai signifikansi  $< 0,05$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima sehingga dapat diketahui bahwa intensitas dan lama paparan sinar UV-C memiliki pengaruh terhadap ketahanan tanaman sawi dilihat dari sifat organoleptik berupa tekstur. Paparan sinar UV-C dapat menjaga warna dan tekstur tanaman sawi dengan cara menstabilkan komponen struktural dan pigmen alaminya. Melalui paparan sinar UV-C terjadi penurunan aktivitas enzim seperti *chlorophyllase*, *pektin methyl esterase* (PME) dan *polygalacturonase* (PG) yang bertanggung jawab untuk degradasi pigmen dan dinding sel sehingga menyebabkan perubahan warna dan pelunakan tekstur. Dengan menghambat aktivitas enzim tersebut, struktur dinding sel tetap utuh dan pigmen seperti klorofil tetap stabil sehingga warna hijau segar tetap terjaga.

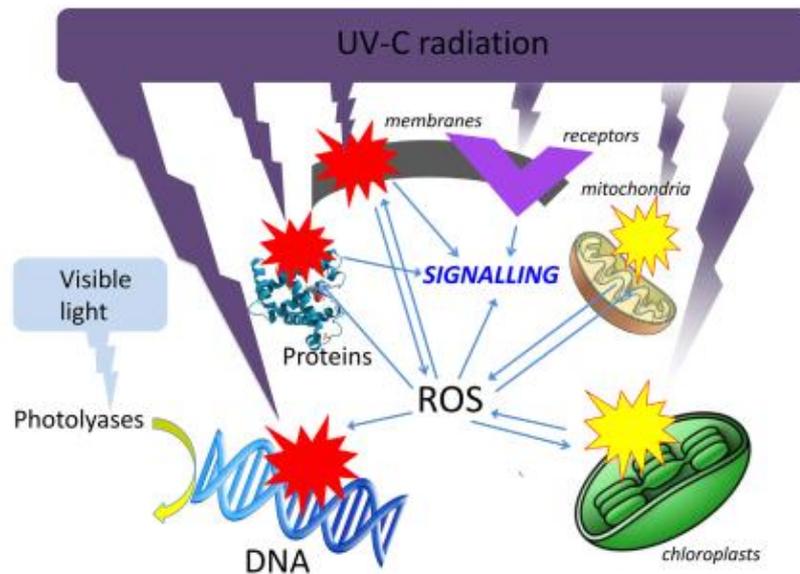
## 4.2 Pembahasan

Tanaman sawi adalah tanaman jenis sayuran yang dibudidayakan dan sering dikonsumsi masyarakat berumur pendek (semusim). Produktivitas tanaman sawi di Indonesia masih rendah, salah satunya disebabkan oleh penyakit busuk hitam (*black rot*) akibat infeksi bakteri *Xanthomonas campestris*. Penggunaan pestisida sebagai solusi sering tidak sesuai dosis dan ketentuan, sehingga berdampak buruk pada lingkungan dan kesehatan manusia. Paparan radiasi sinar UV-C dipilih sebagai metode alternatif untuk meningkatkan ketahanan tanaman sawi terhadap penyakit dan kadar klorofil dengan intensitas dan durasi tertentu karena sinar UV-C ramah lingkungan dan berkelanjutan sehingga keseimbangan alam tetap terjaga. Dalam penelitian ini, tanaman sawi dipapari UV-C dengan beberapa intensitas yaitu  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ,  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dan  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan beberapa lama paparan yaitu 5

menit, 15 menit dan 30 menit. Bertujuan untuk mengetahui pengaruh sinar UV-C terhadap kadar klorofil dan ketahanan tanaman sawi dari penyakit busuk hitam (*black rot*).

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman antara lain media tanam, kelembaban udara, air, suhu dan cahaya. Cahaya menjadi salah satu faktor penting karena berperan langsung dalam proses fotosintesis yang menjadi dasar pertumbuhan tanaman. Bagi tanaman berklorofil, cahaya matahari berfungsi sebagai sumber utama energi untuk fotosintesis. Sumber cahaya buatan seperti sinar UV-C dapat digunakan sebagai alternatif pengganti cahaya matahari. Penggunaannya secara terkontrol terbukti mampu memberikan pengaruh terhadap metabolisme tanaman termasuk sebagai pemicu pertahanan tanaman terhadap bakteri dan mempengaruhi kualitas fisiologis, warna serta daya tahan simpan. Dengan pengaturan pencahayaan yang tepat, suhu dan kondisi lingkungan budidaya juga dapat disesuaikan dengan optimal untuk mendukung pertumbuhan tanaman yang sehat (Khairad & Nur, 2017).

Dalam konteks sains, sinar ultraviolet merupakan salah satu sumber energi utama dalam kehidupan seperti membantu proses fotosintesis pada tumbuhan, membunuh bakteri melalui kerusakan DNA, dan dimanfaatkan dalam berbagai kebutuhan biologis dan ilmiah manusia (Hakim & Armita, 2017). Sinar ultraviolet sering dimanfaatkan dalam penelitian genetika, aplikasi medis, dan proses sterilisasi karena kemampuannya untuk menghambat pertumbuhan serta membunuh bakteri (Widodo et al., 2024).



**Gambar 4.7** Mekanisme Sinar UV-C Pada Sel Tanaman (Urban et al., 2016)

Mekanisme sinar UV-C pada tanaman dimulai dari proses penyerapan energi foton oleh molekul seperti DNA, fenolik, lipid dan enzim yang menjadi bagian dari metabolisme. Molekul-molekul tersebut mengalami eksitasi atau perubahan secara kimia sehingga merusak struktur dan fungsi molekul. Eksitasi ini dapat meningkatkan *reactive oxygen species* (ROS) sebagai sinyal yang memicu sistem pertahanan tanaman untuk memproduksi antioksidan dan senyawa pelindung lainnya sehingga meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres oksidatif (Urban et al., 2016).

Mekanisme sinar UV-C untuk membunuh bakteri yaitu dengan merusak asam nukleat bakteri hingga bakteri atau mikroorganisme tidak dapat melakukan replikasi sel. Sinar UV-C mengakibatkan kerusakan struktur DNA dan RNA dengan membentuk dimer pirimidin yang menghambat proses replikasi dan transkripsi DNA sehingga menyebabkan kerusakan pada mikroorganisme atau bakteri dan mencegah bakteri untuk berkembang biak (Koutchma et al., 2009).

Intensitas rendah dapat memberikan efek positif seperti meningkatkan metabolisme sekunder yang mendukung ketahanan tanaman. Sebaliknya, jika

intensitas tinggi berpotensi mengganggu proses fotosintesis dan menyebabkan kerusakan jaringan. Pengaruh UV-C juga bervariasi tergantung pada jenis tanaman dan kondisi lingkungannya (Puspita et al., 2021).

#### **4.2.1 Pengaruh Paparan Radiasi Sinar UV- Terhadap Kandungan Vitamin C Pada Tanaman Sawi Setelah Dipapari *Xanthomonas campestris***

Kandungan vitamin C adalah kandungan gizi penting yang berfungsi sebagai antioksidan dan pelindung dari radikal bebas (zat berbahaya) yang merusak sel dan jaringan misalnya melindungi lensa dari kerusakan oksidatif akibat radiasi. Selain itu, kandungan vitamin C dapat menurunkan risiko kanker (Leo & Daulay, 2022).

Pengujian kandungan vitamin C diukur menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis dengan panjang gelombang 265 nm. Pengujian sampel untuk pengukuran kandungan vitamin C menggunakan asam askorbat. Nilai kurva standar vitamin C yang dihasilkan pada pengukuran kandungan vitamin C ini yaitu  $= 0,0028x + 0,0019$  dengan nilai regresi linier  $R^2 = 0,9484$ . Pada tabel 4.2 tentang data hasil pengaruh sinar UV-C terhadap kandungan vitamin C tanaman sawi menunjukkan bahwa nilai kandungan vitamin C kelompok perlakuan lebih tinggi dari kelompok kontrol. Nilai kandungan vitamin C tertinggi pada intensitas  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan selama 30 menit sebesar  $1,389 \pm 0,085$  mg/l. Dapat diketahui semakin tinggi intensitas dan lama paparan maka terjadi peningkatan kandungan vitamin C. Hal ini dapat disebabkan karena adanya peningkatan produksi *reactive oxygen species* (ROS) yang menimbulkan kerusakan pada struktur sel sehingga memicu mekanisme pertahanan seperti peningkatan kandungan vitamin C (asam askorbat) sebagai antiosidan non-

enzimatik. Namun pada intensitas paling tinggi dan lama paparan paling lama yaitu  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  selama 30 menit terjadi penurunan kandungan vitamin C. Hal ini disebabkan karena pada intensitas UV-C yang sangat tinggi menyebabkan kondisi stres oksidatif tanaman menjadi sangat tinggi sehingga mengurangi kandungan vitamin C pada tanaman sawi. Vitamin C digunakan untuk mencegah adanya *reactive oxygen species* (ROS) yang menyebabkan kerusakan molekul dalam sel, sehingga jika stres oksidatif terlalu tinggi maka kandungan vitamin C akan menurun (Phukan & Syiem, 2019).

Pada tabel 4.3 tentang hasil uji faktorial nilai kandungan vitamin c yang dianalisis secara statistik diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,000 sehingga dapat diketahui bahwa paparan sinar UV-C memiliki pengaruh terhadap kandungan vitamin C pada tanaman sawi. Interaksi sinar UV-C terhadap kandungan vitamin C dalam tanaman sawi melibatkan serangkaian reaksi kimia dan biologis di dalam sel tanaman. Ketika tanaman terkena sinar UV-C, energi foton diserap oleh membran dan organel di dalam sel khususnya oleh pigmen dan enzim yang menjadi bagian dari metabolisme. Paparan UV-C memicu produksi *reactive oxygen species* (ROS) yaitu radikal bebas yang dihasilkan sebagai respons terhadap sinar UV-C. ROS berperan sebagai sinyal untuk memberitahu tanaman agar memproduksi lebih banyak senyawa antioksidan termasuk vitamin C seperti peningkatan aktivitas enzim GalDH yang penting dalam produksi vitamin C. Selain itu, sinar UV-C juga memicu mekanisme pertahanan alami tanaman yang meningkatkan dan menjaga kandungan nutrisinya agar tetap optimal. Sehingga tanaman sawi bisa memiliki kandungan vitamin C yang lebih tinggi daripada tanaman sawi kontrol tanpa perlakuan UV-C (Rabelo et al., 2020).

Allah menciptakan berbagai tumbuhan dengan segala kandungan gizi di dalamnya yang mana dapat tumbuh dari tanah yang baik agar bermanfaat untuk makhluk-Nya. Sebagaimana dijelaskan dalam firman Allah pada Surah Al A'raf [7]: 58 sebagai berikut:

وَالْبَلَدُ الطَّيِّبُ يَخْرُجُ نَبَاتُهُ بِإِذْنِ رَبِّهِ ۗ وَالَّذِي خَبثَ لَا يَخْرُجُ إِلَّا نَكِدًا كَذَلِكَ نُصَرِّفُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَشْكُرُونَ

Artinya: “Tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur seizin Tuhannya. Adapun tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya hanya tumbuh merana. Demikianlah Kami jelaskan berulang kali tanda-tanda kebesaran (Kami) bagi orang-orang yang bersyukur.” (Q.S. Al-A'raf [7]: 58).

Dalam Tafsir Al-Misbah dijelaskan bahwa tanah memiliki perbedaan antara satu sama lain. Tanah yang subur maka tanaman dapat tumbuh dengan baik dan menghasilkan tanaman yang berkualitas tinggi dan kaya akan nutrisi termasuk vitamin C. Tanah yang subur mendukung pertumbuhan tanaman yang memiliki kandungan vitamin C yang optimal sehingga dapat memenuhi kebutuhan nutrisi manusia secara efektif. Pelestarian lingkungan dan pengelolaan tanah secara berkelanjutan sangat penting dilakukan untuk menjaga keberlangsungan ekosistem tetapi juga berpengaruh terhadap kualitas zat gizi seperti vitamin C dalam tanaman yang dikonsumsi manusia. Ketika terjadi kerusakan lingkungan, manusia memiliki tanggung jawab penting atas hal tersebut. Baik kerusakan itu terjadi karena ulah manusia sendiri maupun karena proses alamiah, manusia yang harus menjaga dan memperbaikinya. Jika kerusakan itu dibiarkan terus-menerus, maka manusia dan makhluk hidup lain di sekitarnya merasakan dampak negatifnya (Mustakim, 2017).

#### **4.2.2 Pengaruh Paparan Radiasi Sinar UV- Terhadap Kadar Klorofil Pada Tanaman Sawi Setelah Dipapari *Xanthomonas campestris***

Kadar klorofil adalah zat hijau yang memberikan warna pada tumbuhan. Klorofil berfungsi untuk menangkap energi cahaya berupa foton untuk diteruskan ke bagian khusus dalam sel yang bertugas melakukan fotosintesis. Energi tersebut digunakan untuk mengubah air menjadi oksigen dan menghasilkan elektron. Elektron akan digunakan dalam proses pembentukan senyawa ATP dan NADPH (untuk fotosintesis) yang membantu mengikat karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) menjadi karbohidrat sebagai sumber makanan bagi tanaman. Klorofil a berperan dalam menyerap cahaya dan memberikan energi untuk berlangsungnya fotosintesis. Sedangkan klorofil b membantu menangkap cahaya dan meneruskannya ke klorofil a agar proses fotosintesis dapat berjalan dengan baik. Klorofil a memiliki sifat kurang larut dalam air (kurang polar) dan warnanya hijau kebiruan. Sebaliknya, klorofil b lebih mudah larut (bersifat polar) dan memiliki warna hijau kekuningan (Aulia et al., 2023).

Pengujian kadar klorofil yaitu kadar klorofil a menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis dengan panjang gelombang 645 nm dan 663 nm. Pengujian sampel untuk pengukuran kadar klorofil menggunakan larutan alkohol 70%. Pada tabel 4.7 tentang data hasil pengaruh sinar UV-C terhadap kadar klorofil a pada tanaman sawi menunjukkan bahwa nilai kadar klorofil a kelompok perlakuan lebih tinggi dari kelompok kontrol. Nilai kadar klorofil a tertinggi pada intensitas  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan selama 15 menit sebesar  $5,392 \pm 0,329 \text{ mg/ml}$ . Dapat diketahui semakin tinggi intensitas dan lama paparan maka terjadi peningkatan nilai kadar klorofil a. Paparan sinar UV-C dapat merangsang peningkatan kadar klorofil melalui aktivasi respons fisiologis yang melibatkan sistem antioksidan dan metabolisme pigmen. Namun pada intensitas

paling tinggi dan lama paparan paling lama yaitu  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  selama 30 menit terjadi penurunan kadar klorofil a dan b. Hal ini disebabkan karena pada intensitas UV-C yang tinggi menyebabkan kondisi stres oksidatif tanaman menjadi tinggi sehingga mengurangi kadar klorofil a dan b pada tanaman sawi. Secara fisik, klorofil memiliki kemampuan untuk menyerap dan memantulkan cahaya pada berbagai panjang gelombang. Klorofil paling efektif menyerap cahaya pada rentang panjang gelombang 400-700 nm khususnya cahaya merah dan biru (Ajiningrum, 2018).

Pada tabel 4.8 dan 4.13 tentang hasil uji faktorial nilai kadar klorofil yang dianalisis secara statistik diperoleh nilai signifikansi pada nilai kadar klorofil a sebesar 0,001 dan nilai kadar klorofil b sebesar 0,000 sehingga dapat diketahui bahwa paparan sinar UV-C memiliki pengaruh terhadap kandungan vitamin C pada tanaman sawi. Paparan sinar UV-C pada tanaman dapat merangsang peningkatan kadar klorofil melalui aktivasi respons fisiologis yang melibatkan sistem antioksidan dan metabolisme pigmen. Mekanisme ini terjadi karena sinar UV-C pada dosis tertentu dapat menstimulasi jalur metabolisme sekunder dan meningkatkan aktivitas enzim pelindung seperti *fenilalanin amonia liase* (PAL) yang berperan penting dalam biosintesis senyawa antioksidan dan pigmen. Dalam konteks tanaman sawi, respon adaptif yang sama membuat tanaman mempertahankan atau meningkatkan kadar klorofil sebagai bagian dari mekanisme pertahanan terhadap stres ringan akibat radiasi UV-C. Hal ini mendukung bahwa penggunaan sinar UV-C secara terukur pada tanaman sawi dapat menjadi upaya ramah lingkungan untuk meningkatkan fisiologis daun,

mendukung fotosintesis dan daya tahan tanaman terhadap penyakit (Techavuthiporn et al., 2024).

Allah menciptakan semesta alam dengan berbagai manfaat di dalamnya seperti menumbuhkan tanaman yang hijau agar manusia dapat merasakan kenikmatan dari manfaat tersebut. Sebagaimana dalam firman Allah pada surah Al-An'am [6]: 99 sebagai berikut:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرَجُ مِنْهُ حَبًّا كَثِيرًا

Artinya: “Dialah yang menurunkan air dari langit lalu dengannya Kami menumbuhkan segala macam tumbuhan. Maka, darinya Kami mengeluarkan tanaman yang menghijau. Darinya Kami mengeluarkan butir yang bertumpuk (banyak).” (Q.S. Al-An'am [6]: 99).

Pada ayat tersebut menurut tafsir Yusuf al-Hajj Ahmad tentang proses tumbuhnya berbagai macam tumbuhan termasuk tanaman yang berwarna hijau seperti daun dan tanaman yang menghijau. Ayat ini menggambarkan proses alam yang mana tumbuhan memperoleh kekuatannya melalui zat hijau daun (klorofil) yang penting dalam fotosintesis. Klorofil sebagai bagian penting yang membuat tumbuhan menyerap energi dari cahaya matahari untuk melakukan fotosintesis yang menjadi inti dari produksi makanan dan energi yang mendukung pertumbuhan tanaman. Klorofil yang sangat baik tidak hanya memperkuat proses pertumbuhan tanaman tetapi juga meningkatkan kandungan nutrisi dan manfaatnya bagi kesehatan manusia. Allah telah merancang sistem kehidupan tumbuhan sedemikian rupa sehingga mereka mampu menumbuhkan diri dan berkembang optimal melalui zat hijau daun. Klorofil secara maksimal merupakan salah satu bentuk dari kekuasaan dan kebijaksanaan Allah dalam menciptakan alam semesta yang penuh hikmah (Nasihin et al., 2021).

### **4.2.3 Pengaruh Paparan Radiasi Sinar UV- Terhadap Ketahanan Tanaman Sawi Ditinjau dari Sifat Organoleptik Pada Tanaman Sawi Setelah Dipapari *Xanthomonas campestris***

Sifat organoleptik berupa warna dan tekstur tanaman sawi dilakukan setelah 7 hari setelah diberi bakteri *Xanthomonas campestris* dan dipapari sinar UV-C dengan dianalisis warna dan tekstur dengan dilakukan pengambilan gambar jarak kamera ke objek sebesar 30 cm kemudian dianalisis menggunakan MATLAB. Warna menjadi salah satu parameter organoleptik yang penting untuk menilai kualitas, kematangan dan ketahanan tanaman termasuk tanaman sawi. Secara umum, RGB (*Red, Green, Blue*) merupakan model warna yang terdiri dari tiga komponen utama warna merah, hijau, dan biru yang digabungkan untuk menghasilkan berbagai warna lain. Model ini bertujuan untuk merepresentasikan warna melalui kombinasi intensitas untuk memperoleh fitur warna yang lebih stabil dan sesuai persepsi manusia dalam identifikasi warna yang relevan (Listya & Rokhman, 2019).

Pada tabel 4.17 menunjukkan data hasil pengaruh sinar UV-C terhadap ketahanan tanaman sawi dilihat dari sifat organoleptik (warna) dengan lama paparan 5 menit menunjukkan hasil terbaik daripada lama paparan lainnya yaitu semua intensitas memiliki nilai entropi yang sama sebesar 4,5. Kelompok kontrol (tanpa paparan UV-C) memiliki nilai lebih tinggi dari kelompok perlakuan. Sehingga dapat diketahui bahwa semakin lama paparan sinar UV-C maka semakin menurun nilai yang didapatkan, namun sifat organoleptik berupa warna setelah dipapari sinar UV-C masih tergolong dalam skala kategori aman yaitu kategori 4 (Hijau) dan terdapat 3 hasil yang berupa kategori 3 (Hijau kekuningan). Sinar UV-

C menjaga warna dan tekstur tanaman sawi dengan cara menstabilkan komponen struktural dan pigmen alaminya. Melalui paparan sinar UV-C terjadi penurunan aktivitas enzim seperti *chlorophyllase*, *pektin methyl esterase* (PME), dan *polygalacturonase* (PG) yang bertanggung jawab untuk degradasi pigmen dan dinding sel sehingga menyebabkan perubahan warna dan pelunakan tekstur. Dengan menghambat aktivitas enzim tersebut, struktur dinding sel tetap utuh dan pigmen seperti klorofil tetap stabil sehingga warna hijau segar tetap terjaga. Selain itu, paparan sinar UV-C memperkuat sistem pertahanan tanaman dengan meningkatkan produksi antioksidan yang melindungi membran sel dari oksidasi sehingga memperlambat proses oksidatif yang dapat menyebabkan pемudaran warna. Secara mekanisme, paparan sinar UV-C menembus jaringan tanaman dan mempengaruhi gen yang mengatur enzim pengurai dinding sel dan pigmen, menurunkan produksinya, serta memperkuat sistem antioksidan alami tanaman (Ngu Lwin et al., 2021).

Pada tabel 4.18 tentang hasil uji *Kruskal-Wallis H* terhadap sifat organoleptik berupa warna yang dianalisis secara statistik diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,000 sehingga dapat diketahui bahwa paparan sinar UV-C memiliki pengaruh terhadap ketahanan tanaman dilihat dari sifat organoleptik berupa warna. Sinar UV-C dapat menghambat proses degradasi klorofil sehingga warna hijau alami pada tanaman tetap terjaga selama masa penyimpanan. Sinar UV-C juga dapat mengurangi radikal bebas dan menghambat proses oksidatif yang menyebabkan perubahan warna menjadi kehitaman dan pudar (Zhao et al., 2021).

Sedangkan sifat organoleptik tekstur menggunakan nilai entropi dari setiap gambar tanaman sawi yang dihasilkan dari MATLAB. Nilai entropi memberikan informasi tentang fitur permukaan tekstur kasar dan halus. Entropi kebalikan dari homogenitas, yaitu ukuran tingkat derajat keabuan suatu citra. Semakin adanya peningkatan nilai entropi maka semakin tinggi kerusakan jaringan pada tanaman. Untuk mendapatkan nilai entropi menggunakan rumus sebagai berikut: (Wardijono et al., 2021).

$$e = - \sum_{k=0}^{L-1} p(z_k) \log_2 p(z_k) \quad (4.1)$$

Tabel 4.19 menunjukkan data hasil pengaruh sinar UV-C terhadap ketahanan tanaman sawi dilihat dari sifat organoleptik (tekstur) dengan lama paparan 5 menit menunjukkan hasil terbaik daripada lama paparan lainnya yaitu pada intensitas  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  sebesar  $4,7 \pm 0,1$ . Intensitas  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  didapatkan nilai sebesar  $4,6 \pm 0,1$  dan intensitas  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  sebesar  $4,5 \pm 0,1$ . Dan kelompok kontrol (tanpa paparan UV-C) memiliki nilai lebih tinggi dari kelompok perlakuan. Dapat diketahui bahwa semakin lama paparan sinar UV-C maka semakin menurun nilai yang didapatkan, namun sifat organoleptik berupa tesktur setelah dipapari sinar UV-C masih tergolong dalam skala kategori aman yaitu kategori 4 (Tidak layu) dan terdapat 2 hasil yang berupa kategori 3 (Agak layu). Entropi adalah ukuran tingkat ketidakpastian dan keacakan informasi dalam suatu sistem atau data. Dalam konteks analisis citra, entropi menggambarkan jumlah informasi pola yang terkandung dalam gambar tersebut. Semakin tinggi nilai entropi maka pola atau struktur dalam citra tersebut semakin rumit dan tidak beraturan sedangkan nilai entropi yang rendah menunjukkan pola yang lebih teratur dan homogen. Sebagai contoh dalam citra tanaman, area yang mengalami

kerusakan atau infeksi mungkin memiliki tekstur yang lebih acak dan beragam sehingga menampilkan nilai entropi yang lebih tinggi. Dengan demikian, pengukuran entropi dapat membantu dalam identifikasi kondisi tanaman secara lebih objektif dan efisien (Xie et al., 2015)

Pada tabel 4.20 tentang hasil uji *Kruskal-Wallis H* terhadap sifat organoleptik berupa tesktur yang dianalisis secara statistik diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,000 sehingga dapat diketahui bahwa paparan sinar UV-C memiliki pengaruh terhadap ketahanan tanaman dilihat dari sifat organoleptik berupa tekstur. Penelitian yang dilakukan oleh (Kokila et al., 2025) menunjukkan bahwa nilai entropi digunakan untuk meningkatkan akurasi pemrosesan citra khususnya dalam mengidentifikasi daerah yang terinfeksi pada tanaman padi. Entropi berfungsi sebagai ukuran ketidakteraturan atau keragaman informasi dalam citra yang membantu membedakan area sehat dan terinfeksi secara lebih efektif. Misalnya tanaman yang sehat dan tahan terhadap penyakit akan menunjukkan pola tekstur dan warna yang lebih stabil dan kurang kompleks, sehingga memiliki nilai entropi yang lebih rendah. Sebaliknya, tanaman yang lemah dan rentan terhadap penyakit menunjukkan ketidakteraturan yang lebih tinggi, sehingga nilai entropinya meningkat.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari penelitian yang telah dilakukan tentang adanya pengaruh paparan radiasi sinar UV-C terhadap kadar klorofil dan ketahanan tanaman sawi dari penyakit busuk hitam dapat disimpulkan seperti sebagai berikut:

1. Variasi intensitas dan lama paparan sinar UV-C terhadap kandungan vitamin C memiliki nilai tertinggi pada intensitas  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan selama 30 menit sebesar  $1,389 \pm 0,085 \text{ mg/l}$  dan kandungan vitamin C menurun pada intensitas  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan selama 30 menit.
2. Variasi intensitas dan lama paparan sinar UV-C terhadap kadar klorofil a memiliki nilai tertinggi intensitas  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 15 menit dengan nilai sebesar  $5,392 \pm 0,329 \text{ mg/ml}$  dan kadar klorofil a menurun pada intensitas  $175 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan selama 30 menit. Pada klorofil b, nilai tertinggi pada intensitas  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  dengan lama paparan 30 menit yang memiliki nilai sebesar  $7,721 \pm 0,358 \text{ mg/ml}$ .
3. Variasi intensitas dan lama paparan sinar UV-C pada sifat organoleptik berupa warna dan tekstur dalam kategori aman dengan skala 4 karena paparan sinar UV-C dapat menjaga warna dan tekstur tanaman sawi dengan cara menstabilkan komponen struktural dan pigmen alaminya.

#### **5.2 Saran**

Dari penelitian yang telah dilakukan, adapun saran yang dapat diberikan untuk di waktu yang akan datang adalah sebagai berikut:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut tentang adanya pengaruh UV-C terhadap tanaman yang lain dengan variabel yang lebih bervariasi lagi.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai variasi intensitas dan lama paparan UV-C yang lebih efektif dalam membunuh bakteri *Xanthomonas campestris* dan dapat meningkatkan lebih banyak kandungan vitamin C dan kadar klorofilnya.
3. Disarankan selalu berhati-hati ketika melakukan sterilisasi pada alat dan bahan atau ketika melakukan pengujian kandungan agar tidak terjadi hal-hal yang tidak diinginkan yang mengganggu proses berjalannya penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Af'idzatuttama, Nawangsih, A. A., & Giyanto. (2023). *Character Diversity of Black Rot Bacterial Strains (Xanthomonas campestris pv. campestris) on Cabbage Against Mixture of Active Ingredients Azoxystrobin and Diphenconazole*. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 19(2), 45–56.
- Ajiningrum, P. S. (2018). *Kadar Total Pigmen Klorofil Tanaman Avicennia marina Pada Tingkat Perkembangan Daun yang Berbeda*. *Jurnal Stigma*, 11(2), 52–59.
- An, S. Q., Potnis, N., Dow, M., Vorhölter, F. J., He, Y. Q., Becker, A., Teper, D., Li, Y., Wang, N., Bleris, L., & Tang, J. L. (2019). *Mechanistic Insights into Host Adaptation, Virulence and Epidemiology of the Phytopathogen Xanthomonas*. *FEMS Microbiology Reviews*, 44(1), 1–32.
- Astuti, S. D., Zainuddin, M., & Suhariningsih. (2011). *Potensi Blue Light Emitting Diode (LED) untuk Fotoinaktivasi Bakteri Staphylococcus aureus dengan Porfirin Endogen*. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 13(3), 155–163.
- Aulia, A., Muarif, A., Meriatna, M., Hakim, L., & Azhari, A. (2023). *Pengaruh Konsentrasi Pelarut Etanol dan Waktu Penyimpanan Pada Pembuatan Ekstrak Klorofil Dari Daun Pepaya (Carica papaya L.)*. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 3(2), 208-215.
- Cahyonugroho, O. H. (2010). *Pengaruh Intensitas Sinar Ultraviolet Dan Pengadukan Terhadap Reduksi Jumlah Bakteri E.coli*. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 2(1), 18–23.
- Carmila, T. Subakti, G. (2023). *Analisis Teknologi Cahaya dalam Perspektif Al-Quran dan Sains*. *Jurnal Edukasi & Teknologi Pembelajaran*, 4(2), 23–30.
- Duriat, A. S., Gunaeni, N., & Wulandari, A. W. (2007). *Penyakit Penting Tanaman Cabai dan Pengendaliannya*.
- Effendi, Y., & Pambudi, A. (2017). *Analisis Ekspresi Kelompok Gen-Gen Pertahanan Pada Tanaman Pisang Dalam Merespons Bakteri Patogen Ralstonia solanacearum*. *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi*, 4(1), 44-50.
- Fitriyah, Q., Siahaan, Y. D., & Wahyudi, M. P. E. (2022). *Alat Sterilisasi Lampu UV-C Portable Berbasis IOT*. *Jurnal Integrasi*, 14(1), 8–13.
- Gastol, M., & Blaszczyk, U. (2024). *Effect of Magnetic Field and UV-C Radiation on Postharvest Fruit Properties*. *Agriculture (Switzerland)*, 14(7), 1–25.
- González-Aguilar, G. A., Zavaleta-Gatica, R., & Tiznado-Hernández, M. E. (2007).

- Improving Postharvest Quality of Mango “Haden” by UV-C Treatment*. *Postharvest Biology and Technology*, 45(1), 108–116.
- Grossweiner, L. I., Grossweiner, J. B., Gerald Rogers, B. H., & Jones, L. R. (2005). *The Science of Phototherapy: An Introduction*, 1–374.
- Hakim, L., & Armita, P. (2017). *Munasabah Ayat Dalam Surat An-Naba’ (Analisis Metodologi Penafsiran Abdullah Darraz Dalam Kitab An-Nabau Al-Azhim Nazharatun Jadidatun Fi Al-Quran)*. *Jurnal An-Nida’*, 41(2), 115.
- Ibrahim, Y., & Ramlin, T. (2018). *Respon Tanaman Sawi (Brassica juncea L.) Terhadap Pemberian Pupuk Organik Cair (POC) Kulit Pisang dan Bonggol Pisang*. *Jurnal Agropolitan*, 5(1), 64–69.
- Iglesias-Bernabé, L., Madloo, P., Rodríguez, V. M., Francisco, M., & Soengas, P. (2019). *Dissecting Quantitative Resistance to Xanthomonas campestris pv. campestris in leaves of Brassica Oleracea by QTL Analysis*. *Scientific Reports*, 9(1), 2015.
- Khairad, F., & Nur, A. J. (2022). *Inovasi Pemanfaatan Teknologi Hidroponik dalam Ruangan Rumah Tidak Terpakai sebagai Upaya Pemenuhan Gizi Keluarga*. *Agrotekma: Jurnal Agroteknologi dan Ilmu Pertanian*, 6(2), 12-22.
- Kokila, M., Abirami, D., & Nagaraju, D. (2025). *Fast Mask Region And Entropy Based Histogram Equalized Segmentation Of Rice Plant Diseases*. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 103(4).
- Kowalski, W. (2009). *Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook: UV for Air and Surface Disinfection*. (Issue July 2009).
- Latifah, L., & Marhayuni, Y. (2023). *Bioremediasi sebagai Implementasi QS Al-A’raf Ayat 56 dalam Menangani Pencemaran Tanah*. *Kaunia: Integration and Interconnection Islam and Science Journal*, 19(1), 23-28.
- Leo, R., & Daulay, A. S. (2022). *Penentuan Kadar Vitamin C Pada Minuman Bervitamin yang Disimpan Pada Berbagai Waktu dengan Metode Spektrofotometri UV*. *Journal of Health and Medical Science*, 105-115.
- Listya, F. A., & Rokhman, N. (2019). *Classification of Tangerine (Citrus Reticulata Blanco) Quality Using Combination of GLCM, HSV, and K-NN*. *IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems)*, 13(4), 357-368.
- Liu, Z., Wang, H., Wang, J., Lv, J., Xie, B., Luo, S., Wang, S., Zhang, B., Li, Z., Yue, Z., & Yu, J. (2022). *Physical, Chemical, and Biological Control of Black Rot of Brassicaceae Vegetables*. *Frontiers in Microbiology*, 13(November), 1–13.
- Mahardiyanti, A. I. (2021). *Pengaruh Variasi Intensitas Lampu Ultraviolet*

*terhadap Penurunan Angka Kuman Udara di Laboratorium. Poltekkes Kemenkes Yogyakarta*, 6(6), 19–20.

- Mandasari, Y., Ege, B., & Wahyuni, F. R. E. (2018). *Budi Daya Sawi Hijau Secara Organik*.
- Marbun, F. K., Tarigan, S. B., & Sudarti, S. (2023). *Tinjauan Analisis Manfaat dan Dampak Sinar Ultraviolet Terhadap Kesehatan Manusia. Jurnal Penelitian Inovatif*, 3(3), 605–612.
- Merisca, S. E. (2022). *Uji Efektivitas Aerated Compost Tea Serat Bromelain yang Diinduksi Inokulum Trichordema sp. Terhadap Penekanan Patogen Xanthomonas Campestris Pv. Campestris Dan Pertumbuhan Tanaman Buncis (Phaseolus Vulgaris L.)* (Doctoral Dissertation, Universitas Lampung).
- Mustakim, M. (2017). *Pendidikan Lingkungan Hidup dan Implementasinya dalam Pendidikan Islam (Analisis Surat Al-A'raf Ayat 56-58 Tafsir Al Misbah Karya M. Quraish Shihab)*. JIE (Jurnal Pendidikan Islam) , 2 (1).
- Najib, M., & Firmansyah, R. (2023). *Moderasi Islam dalam Al-Qur'an: Studi Komparatif Tafsir Al-Azhar, Al-Misbah dan Kemenag*. Jurnal Iman Dan Spiritualitas, 3(3), 489–502.
- Nasihin, S. (2021). *Menghayati Mukjizat Ilahi (Fakta Ilmiah Kemukjizatan Al-Qur'an dan Sunnah pada Tumbuhan)*. Pandawa, 3(1), 188-200.
- Ngu Lwin, N. T., Supapvanich, S., & Promyou, S. (2021). *Ultraviolet-C Irradiation Maintaining Texture and Total Sugars Content of Ready to Cook Baby Corn During Commercial Storage*. Food Science and Biotechnology, 30, 47-54.
- Nugroho, A. (2018). *Eksplorasi Bakteriofage Virulen Terhadap Xanthomonas campestris pv. campestris Asal Kopeng untuk Mengendalikan Busuk Hitam Kubis*. Agrikultur.
- Phukan, T., & Syiem, M. B. (2019). *Modulation of Oxidant and Antioxidant Homeostasis in The Cyanobacterium Nostoc Muscorum Meg1 under UV-C Radiation Stress*. Aquatic Toxicology, 213.
- Poplawsky, A. R., Urban, S. C., & Chun, W. (2000). *Biological Role of Xanthomonadin Pigments in Xanthomonas campestris pv. campestris*. Applied and Environmental Microbiology, 66(12), 5123-5127.
- Pranagari, R. . R., Rupiasih, N. N., & Suaynto, H. (2014). *Pengaruh Lama Penyinaran UV-C Pada Biji Cabai Rawit (Capsicum Frutescent L) Terhadap Laju Pertumbuhan Tanaman, Kadar Klorofil-a dan Kerapatan Stomata Daun serta Kadar Kapsaisin Buah Cabai Rawit*. Buletin Fisika, 15(2), 40–46.
- Pratama, H., Sutarno, S., & Darmawati, A. (2018). *Penambahan Lama Penyertaan*

dengan Perbedaan Jam dan Jumlah Hari Pada Tanaman Krisan (*Chrysanthemum sp.*) Terhadap Pertumbuhan dan Bobot Tanaman. *Jurnal Agro Kompleks*, 2 (2), 155-161.

- Puspita, I., Djuhriah, N., & Fikri, E. (2021). *Efektivitas Variasi Lama Paparan Sinar Ultraviolet-C Terhadap Penurunan Total Kuman Pada Alat Makan Di Pantry PT. X*. *Jurnal Kesehatan Siliwangi*, 2(2), 440–446.
- Rabelo, M. C., Bang, W. Y., Nair, V., Alves, R. E., Jacobo-Velázquez, D. A., Sreedharan, S. & Cisneros-Zevallos, L. (2020). *UVC Light Modulates Vitamin C and Phenolic Biosynthesis in Acerola Fruit: Role of increased Mitochondria Activity and ROS Production*. *Scientific Reports*, 10(1), 21972.
- Riska, A. A. (2022). *The Effect of Eco Enzyme Application Method on the Growth of Mustard Plants (Brassica juncea L.)*. *Journal Serambi Biologi*, Vol. 7 No.(4), 275–282.
- Risky, D. P. V., Ratnawati, I. G. A., & Kawuri, R. (2021). *Pengaruh Sinar Ultraviolet Terhadap Pertumbuhan Bakteri Enterotoxigenic E.Coli (ETEC) Penyebab Penyakit Diare*. *Bioma : Jurnal Biologi Makassar*, 6(1), 66–73.
- Sanga, A. W., Wahyuni, Y., & Malado, M. (2024). *Pengaruh Pemberian Dosis Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sawi (Brassica Sinensis L.) dalam Polybag Di Kelurahan Nangameting, Kecamatan Alok Timur, Kabupaten Sikka*. *Juournal Of Dryland Farm*, 1(1), 17–23.
- Soekanto. (2007). *Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau (Brasicca juncea L.) dengan Pemberian Kompos daun Paitan*. Bab II Kajian Pustaka, 6–25.
- Sondi, K. A. (2022). *Potensi Produksi Tanaman Sawi (Brassica juncea. L) di Dataran Tinggi, Desa Bonto Marannu Kecamatan Ulu Ere Kabupaten Bantaeng*. Skripsi, Universitas Bosowa, 12–26.
- Subaidah, W. A., Hajrin, W., & Juliantoni, Y. (2023). *Edukasi Penggunaan Sediaan Tabir Surya Sebagai Upaya Pencegah Penuaan Dini dan Kanker Kulit di SMAIT Anak Sholeh Mataram*. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(2), 42–46.
- Tchonkouang, R. D., Lima, A. R., Quintino, A. C., Cristofoli, N. L., & Vieira, M. C. (2023). *UV-C Light: A Promising Preservation Technology for Vegetable-Based Nonsolid Food Products*. *Foods*, 12(17), 3227.
- Techavuthiporn, C., Jarerat, A., Singhkai, C., & Nimitkeatkai, H. (2024). *Postharvest UV-C Treatment Affects Bioactive Compounds and Maintains Quality of Okra (Abelmoschus esculentus L.) During Storage*. *The Horticulture Journal*, 93(1), 15-22.
- Tripama, B., & Yahya, M. R. (2018). *Respon Konsentrasi Nutrisi Hidroponik*

*Terhadap Tiga Jenis Tanaman Sawi (Brassica juncea L.).* Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian (Journal of Agricultural Science), 16(2), 237.

- 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.* Scientia Horticulturae, 452–459.
- Urban, L., Charles, F., de Miranda, M. R. A., & Aarrouf, J. (2016). *Understanding the Physiological Effects of UV-C Light and Exploiting Its Agronomic Potential Before and After Harvest.* Plant Physiology and Biochemistry, 105, 1-11.
- Vasquez, H., Aarrouf, J., Urban, L., Lizzi, Y., Forges, M., Ouhibi, C., Azzouz, N., Bardin, M., Nicot, P. C. (2020). *Preharvest Hormetic Doses of UV-C Radiation Can Decrease Susceptibility of Lettuce To Botrytis.*
- Vasquez, H., Ouhibi, C., Forges, M., Lizzi, Y., Urban, L., & Aarrouf, J. (2020). *Hormetic Doses Of UV-C Light Decrease The Susceptibility Of Tomato Plants to Botrytis Cinerea Infection.* Journal of Phytopathology, 168(9), 524-532.
- Wardijono, B. A., & Lussiana, E. T. P. (2021). *Identifikasi Karakteristik Citra Berdasarkan pada Nilai Entropi dan Kontras.* Journal of Applied Computer Science and Technology, 2(1), 18-23.
- WHO. (2018). *Seri Budaya Tanaman di Lahan Kering Teknik Budidaya Sawi.* Lembar Informasi 7(7), 1–4.
- Widodo, N. C., Aziz, A., Munawaroh, Z. A., & Anzhari, H. (2024). *Tinjauan Analisis Manfaat dan Dampak Sinar UV-C dalam Bidang Pangan dan Pertanian.* 2(6).
- Xie, C., Shao, Y., Li, X., & He, Y. (2015). *Detection of Early Blight and Late Blight Diseases on Tomato Leaves Using Hyperspectral Imaging.* Scientific reports, 5(1), 1-11.
- Zelviani, S. (2018). *Hubungan Intensitas Cahaya dan Jarak Pancaran Sebagai Hukum Kebalikan Kuadrat.* JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya, 5(1), 7-10.
- Zhao, Y., Zuo, J., Yuan, S., Shi, W., Shi, J., Feng, B., & Wang, Q. (2021). *UV-C Treatment Maintains The Sensory Quality, Antioxidant Activity and Flavor of Pepino Fruit During Postharvest Storage.* Foods, 10(12), 2964.

# LAMPIRAN

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Data Hasil Penelitian

#### a) Kandungan Vitamin C

Intensitas ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Lama Paparan (Menit)	Kandungan Vitamin C (mg/l)			Rata-rata
		1	2	3	
0	5	0,769	0,862	0,784	$0,126 \pm 0,049$
	15	0,769	0,862	0,784	$0,126 \pm 0,049$
	30	0,769	0,862	0,784	$0,126 \pm 0,049$
50	5	0,85	0,892	0,981	$0,229 \pm 0,066$
	15	1,112	1,553	1,589	$0,739 \pm 0,265$
	30	1,385	1,56	1,725	$0,878 \pm 0,170$
100	5	0,754	0,785	0,787	$0,096 \pm 0,018$
	15	1,769	1,694	1,647	$1,024 \pm 0,061$
	30	2,034	2,005	2,165	$1,389 \pm 0,085$
175	5	1,456	1,446	1,318	$0,728 \pm 0,076$
	15	1,653	1,587	1,569	$0,924 \pm 0,044$
	30	0,975	0,887	0,913	$0,246 \pm 0,045$

#### b) Kadar Klorofil a

Intensitas ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Lama Paparan (Menit)	Kadar Klorofil a (mg/ml)			Rata-rata
		1	2	3	
0	5	1,197	1,889	1,480	$1,522 \pm 0,348$
	15	1,197	1,889	1,480	$1,522 \pm 0,348$
	30	1,197	1,889	1,480	$1,522 \pm 0,348$
50	5	3,001	3,372	2,848	$3,074 \pm 0,269$
	15	3,271	3,735	3,928	$3,645 \pm 0,337$
	30	4,636	4,841	4,985	$4,821 \pm 0,175$
100	5	4,587	4,255	3,957	$4,267 \pm 0,315$
	15	4,814	4,561	4,398	$4,591 \pm 0,209$
	30	4,973	5,084	5,203	$5,087 \pm 0,114$
175	5	4,167	4,126	4,908	$4,401 \pm 0,440$
	15	5,104	5,230	5,752	$5,392 \pm 0,329$
	30	4,381	4,417	5,358	$4,719 \pm 0,553$

## c) Kadar Klorofil b

Intensitas ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Lama Paparan (Menit)	Kadar Klorofil b (mg/ml)			Rata-rata
		1	2	3	
0	5	1,706	1,604	1,360	$1,557 \pm 0,177$
	15	1,706	1,604	1,360	$1,557 \pm 0,177$
	30	1,706	1,604	1,360	$1,557 \pm 0,177$
50	5	1,654	1,495	2,433	$1,861 \pm 0,501$
	15	2,869	2,851	2,758	$2,826 \pm 0,059$
	30	5,214	5,949	5,349	$5,504 \pm 0,391$
100	5	4,903	4,938	4,785	$4,876 \pm 0,080$
	15	5,872	6,468	6,726	$6,355 \pm 0,438$
	30	8,135	7,503	7,525	$7,721 \pm 0,358$
175	5	6,723	6,454	4,654	$5,944 \pm 0,125$
	15	7,123	6,737	6,161	$6,674 \pm 0,483$
	30	6,863	5,010	5,277	$5,717 \pm 0,196$

## d) Sifat Organoleptik Warna

Intensitas ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Lama Paparan (Menit)	Warna			Rata-rata
		1	2	3	
0	5	4,8	4,7	4,8	$4,7 \pm 0,1$
	15	4,8	4,7	4,8	$4,7 \pm 0,1$
	30	4,8	4,7	4,8	$4,7 \pm 0,1$
50	5	4,5	4,2	4,9	$4,5 \pm 0,3$
	15	4,3	4,6	4,2	$4,3 \pm 0,2$
	30	3,9	4,2	4,3	$4,1 \pm 0,2$
100	5	4,7	4,3	4,6	$4,5 \pm 0,2$
	15	4,4	4,3	4,5	$4,4 \pm 0,1$
	30	4,2	3,9	4,0	$4,0 \pm 0,1$
175	5	4,6	4,7	4,3	$4,5 \pm 0,2$
	15	4,2	4,1	4,3	$4,2 \pm 0,1$
	30	4,0	4,1	3,9	$4,0 \pm 0,1$

## e) Sifat Organoleptik Tekstur

Intensitas ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Lama Paparan (Menit)	Tekstur			Rata-rata
		1	2	3	
0	5	4,8	4,7	4,9	$4,8 \pm 0,1$
	15	4,8	4,7	4,9	$4,8 \pm 0,1$
	30	4,8	4,7	4,9	$4,8 \pm 0,1$

50	5	4,7	4,6	4,5	$4,6 \pm 0,1$
	15	4,5	4,4	4,3	$4,4 \pm 0,1$
	30	3,9	4,3	4,1	$4,1 \pm 0,2$
100	5	4,6	4,7	4,9	$4,7 \pm 0,1$
	15	4,6	4,5	4,4	$4,5 \pm 0,1$
	30	4,0	4,1	4,2	$4,1 \pm 0,1$
175	5	4,7	4,5	4,4	$4,5 \pm 0,1$
	15	4,4	4,5	4,3	$4,4 \pm 0,1$
	30	3,9	4,2	4,1	$4,0 \pm 0,1$

### Lampiran 2. Rumus Mencari x dan y Kandungan Vitamin C

$$y = mx + c$$

$$y = 0,0028x + 0,0019$$

$$x = \frac{y - 0,009}{0,0028}$$

### Lampiran 3. Gambar Penelitian



Penyemaian Tanaman Sawi



Pemindahan ke Polybag



Pertumbuhan Tanaman Sawi



**Sterilisasi Alat**



**Pembuatan Media NA**



**Perkembangbiakan Bakteri**



**Inkubasi Bakteri**



**Hasil Perkembangbiakan**



**Pengenceran Bakteri**



**Penyemprotan Bakteri**



**Pengukuran Intensitas**



**Pemaparan UV-C**



**Pengukuran sampel 1 gram**



**Persiapan Sampel Uji**



**Preparasi Uji Kadar Klorofil**



**Larutan Standar Vitamin C**

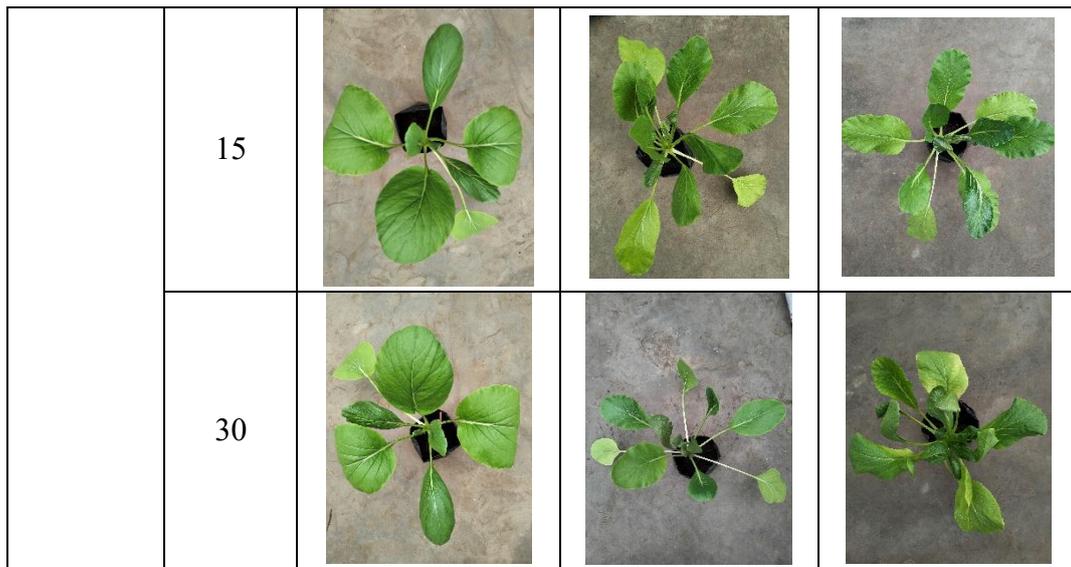


**Spektrofometer UV-Vis**

**Lampiran 4. Gambar Data Tanaman Sawi**

Intensitas ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Lama Paparan (Menit)	Gambar		
		1	2	3
0	5			
	15			
	30			
50	5			

	15			
	30			
100	5			
	15			
	30			 w
175	5			



## Lampiran 5. Uji Faktorial SPSS

### a) Kandungan Vitamin C

#### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: vitamin\_c

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	61,155 <sup>a</sup>	12	5,096	460,747	,000
intensitas	2,456	3	,819	74,023	,000
lamapaparan	1,209	2	,604	54,633	,000
intensitas * lamapaparan	2,888	6	,481	43,512	,000
Error	,265	24	,011		
Total	61,420	36			

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

### b) Kadar Klorofil a

#### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: klorofil\_a

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	566,438 <sup>a</sup>	12	47,203	420,743	,000
intensitas	62,613	3	20,871	186,034	,000
lamapaparan	3,220	2	1,610	14,353	,000
intensitas * lamapaparan	4,101	6	,684	6,093	,001
Error	2,693	24	,112		
Total	569,131	36			

a. R Squared = ,995 (Adjusted R Squared = ,993)

## c) Kadar Klorofil b

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: klorofil\_b

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	856,146 <sup>a</sup>	12	71,345	256,735	,000
intensitas	141,162	3	47,054	169,323	,000
lamapaparan	14,704	2	7,352	26,456	,000
intensitas * lamapaparan	20,321	6	3,387	12,187	,000
Error	6,670	24	,278		
Total	862,815	36			

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

**Lampiran 6. Uji DMRT**

## a) Kandungan Vitamin C

**Post Hoc Tests****Homogeneous Subsets****vitamin\_c**Duncan<sup>a</sup>

intensitasxlamapaparan	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
F3N3	3	3,49787	
F1N1	3	4,10619	4,10619
F2N2	3	4,60245	4,60245
F3N2	3	6,46478	6,46478
F4N3	3	6,53237	6,53237
F2N1	3	6,57862	6,57862
F1N2	3	6,58396	6,58396
F2N3	3	6,89701	6,89701
F4N1	3	7,41284	7,41284
F1N3	3	8,05674	8,05674
F3N1	3	8,32177	8,32177
F4N2	3		8,87140
Sig.		,070	,073

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

## b) Kadar Klorofil a

**Post Hoc Tests****Homogeneous Subsets**

**klorofil\_a**

Duncan<sup>a</sup>

intensitasxlamapaparan	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
F1N1	3	1,19688			
F3N3	3	1,52220			
F2N2	3	1,88925			
F1N2	3		3,63636		
F4N1	3		3,92083	3,92083	
F2N3	3		3,98304	3,98304	
F4N2	3		4,51969	4,51969	4,51969
F2N1	3		4,55135	4,55135	4,55135
F3N2	3		4,62125	4,62125	4,62125
F3N1	3		4,63399	4,63399	4,63399
F1N3	3			4,79192	4,79192
F4N3	3				5,33968
Sig.		,173	,072	,115	,133

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

## c) Kadar Klorofil b

**Post Hoc Tests****Homogeneous Subsets**

**klorofil\_b**

Duncan<sup>a</sup>

intensitasxlamapaparan	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
F3N3	3	1,36050		
F2N2	3	1,60422		
F1N1	3	1,70600		
F1N2	3	3,24621	3,24621	
F2N3	3	3,43249	3,43249	
F4N1	3	3,51383	3,51383	
F4N3	3		5,36443	5,36443
F3N2	3			6,06735
F3N1	3			6,30365
F1N3	3			6,30387
F4N2	3			6,34577
F2N1	3			6,90373
Sig.		,074	,069	,197

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

## Lampiran 7. Uji *Kruskal-Wallis* H Warna dan Tekstur

a) Warna

b) Tekstur

**Test Statistics<sup>a,b</sup>**

warna	
Kruskal-Wallis H	16,852
df	3
Asymp. Sig.	,001

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable:  
intensitas

**Test Statistics<sup>a,b</sup>**

tekstur	
Kruskal-Wallis H	18,656
df	3
Asymp. Sig.	,000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable:  
intensitas

## Lampiran 8. Coding Analisis Warna dan Tekstur

a) Warna

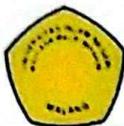
```

1 [filename, pathname] = uigetfile('*.jpg');
2 if isequal(filename,0)
3     disp('_kontrol_1.jpg');
4     return;
5 end
6 img = imread(fullfile(pathname, filename));
7 imshow(img);
8 title('Analisis Gambar');
9
10 % 3. Pisahkan channel warna RGB
11 R = img(:,:,1);
12 G = img(:,:,2);
13 B = img(:,:,3);
14
15 % 4. Hitung rata-rata tiap channel
16 meanR = mean(R(:));
17 meanG = mean(G(:));
18 meanB = mean(B(:));
19
20
21 % 5. Tampilkan nilai RGB
22 fprintf('Rata-rata R: %.2f\n', meanR);
23 fprintf('Rata-rata G: %.2f\n', meanG);
24 fprintf('Rata-rata B: %.2f\n', meanB);
25
26 % 6. Klasifikasi berdasarkan logika warna
27 if meanR < 50 && meanG < 50 && meanB < 50
28     kategori = '1 - Kehitaman';
29 elseif meanG > meanR && meanG > meanB && meanR < 80 && meanB < 80
30     kategori = '2 - Hijau kehitaman';
31 elseif meanG > meanR && meanR > meanB && meanR < 100
32     kategori = '3 - Hijau kekuningan';
33 elseif meanG > 100 && meanR > 100 && meanB > 100
34     kategori = '4 - Hijau';
35 else
36     kategori = 'Tidak dikategorikan';
37 end
38 disp(['Kategori warna daun: ', kategori]);

```

## b) Tekstur

```
1 [filename, pathname] = uigetfile('*.jpg');
2 if isequal(filename,0)
3     disp('0_kontrol_1');
4     return;
5 end
6
7 imgPath = fullfile(pathname, filename);
8 img = imread(imgPath);
9 imshow(img);
10 title('Analisis Tekstur');
11
12 % 2. Konversi ke grayscale
13 grayImg = rgb2gray(img);
14
15 % 3. Hitung entropi
16 ent = entropy(grayImg);
17 disp(['Nilai entropi: ', num2str(ent)]);
18
19
20 % 4. Klasifikasi tingkat kelayuan berdasarkan entropi
21 if ent > 9
22     kelas = '1 - Sangat Layu';
23 elseif ent > 8
24     kelas = '2 - Layu';
25 elseif ent > 7
26     kelas = '3 - Agak Layu';
27 elseif ent > 6
28     kelas = '4 - Tidak Layu';
29 end
30 disp(['Kategori kelayuan: ', kelas]);
```



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG

Jalan Gajayana Nomor 50, Telepon (0341)551354, Fax. (0341) 572533  
Website: <http://www.uin-malang.ac.id> Email: [info@uin-malang.ac.id](mailto:info@uin-malang.ac.id)

JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 210604110007  
Nama : MAZIDATUS SA'DIYAH  
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jurusan : FISIKA  
Dosen Pembimbing 1 : Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes  
Dosen Pembimbing 2 : FIKRIYATUL AZIZAH SU'UD, M.Si  
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : PENGARUH PAPARAN RADIASI SINAR ULTRAVIOLET (UV-C) TERHADAP KANDUNGAN VITAMIN C, KADAR KLOROFIL DAN KETAHANAN TANAMAN SAWI DARI PENYAKIT BUSUK HITAM (BLACK ROT)

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	08 Oktober 2024	Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes	Konsultasi Judul Skripsi	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
2	25 November 2024	Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes	Konsultasi Proposal Bab 1-3	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
3	09 Desember 2024	Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes	Persetujuan Proposal Bab 1-3 (Seminar Proposal)	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
4	10 Maret 2025	Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes	Konsultasi Penelitian Skripsi	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
5	18 Maret 2025	Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes	Revisi Proposal (Hasil Seminar Proposal)	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
6	05 Mei 2025	Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes	Konsultasi Data Penelitian dan Persetujuan Ujian Komprehensif	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
7	27 Mei 2025	Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes	Konsultasi Skripsi Bab 1-5	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
8	02 Juni 2025	Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes	Persetujuan Skripsi Bab 1-5 untuk Seminar Hasil	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
9	03 Juni 2025	FIKRIYATUL AZIZAH SU'UD, M.Si	Konsultasi Integrasi Bab 1-4	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui  
Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2

FIKRIYATUL AZIZAH SU'UD, M.Si

Malang, \_\_\_\_\_  
Dosen Pembimbing 1

Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes



Kaprodi,