

**PENGARUH CAHAYA LED (LIGHT EMITE DIODA) BIRU, MERAH,
DAN PUTIH TERHADAP KADAR KLOROFIL TANAMAN
SAWI HIJAU (*Brassica Juncea L*)**

SKRIPSI

Oleh:
LISANATUL MUSTOFA
NIM. 17640045



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

**PENGARUH CAHAYA LED (LIGHT EMITE DIODA) BIRU, MERAH,
DAN PUTIH TERHADAP KADAR KLOOROFIL TANAMAN
SAWI HIJAU (*Brassica Juncea L*)**

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:

**LISANATUL MUSTOFA
NIM. 17640045**

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

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH CAHAYA LED (LIGHT EMITE DIODA) BIRU, MERAH,
DAN PUTIH TERHADAP KADAR KLOOROFIL TANAMAN
SAWI HIJAU (*Brassica Juncea L*)**

SKRIPSI

Oleh :
Lisanatul Mustofa
NIM. 17640045

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji,

Pada tanggal : 29 Desember 2021

Dosen Pembimbing I



Khusnul Yakin, M.Si
NIP. 19910103 201903 1 009

Dosen Pembimbing II



Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

Mengetahui,
Ketua Program Studi



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

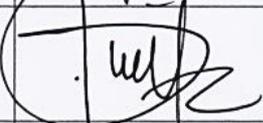
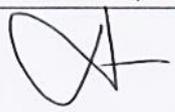
HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH CAHAYA LED (LIGHT EMITE DIODA) BIRU, MERAH,
DAN PUTIH TERHADAP KADAR KLOOROFIL TANAMAN
SAWI HIJAU (*Brassica Juncea L*)

SKRIPSI

Oleh:
Lisanatul Mustofa
NIM. 17640045

Telah Dipertahankan Di Depan Penguji
Dan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada Tanggal, 10 Maret 2022

Ketua	:	<u>Dr. Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	
Anggota 1	:	<u>Dr. M. Tirono, M.Si</u> NIP. 19641211 199111 1 001	
Anggota 2	:	<u>Khusnul Yakin, M.Si</u> NIP. 19910103 201903 1 009	
Anggota 3	:	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	

Mengesahkan,
Ketua Program Studi



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

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lisanatul Mustofa
NIM : 17640045
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Pengaruh Cahaya LED (Light Emite Dioda) Biru,
Merah dan Putih terhadap Kadar Klorofil Tanaman
Sawi Hijau (*Brassica Juncea L*)

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan saya, kecuali dengan mencantumkan sumber kutipan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 10 Maret 2022

Yang Membuat Pernyataan,



Lisanatul Mustofa
NIM. 17640045

MOTTO

“Berusaha Maksimal dan Berdoa”.

“Keberhasilan bukanlah milik orang yang pintar, Keberhasilan adalah milik mereka yang senantiasa berusaha”.

(B.J. Habibie)

“Kegagalan hanya terjadi bila kita menyerah”.

(B.J. Habibie)

HALAMAN PERSEMBAHAN

*Dengan memanjatkan syukur kepada Allah Subhanahu wa ta'ala
Kupersembahkan skripsi ini teruntuk kedua orangtuaku tercinta, ibu Jamilah dan
ayah Bisri Mustofa yang tiada henti memanjatkan doa, berjuang mencari uang
untuk membiayai pendidikanku dan menyiapkan segala kebutuhan
penelitianku. Terimakasih juga kepada adikku Dina Savira dan Radif Muhammad
H yang sedikit banyak sudah membantu penelitianku*

*Dosen pembimbing Bapak Khusnul Yakin, M.Si dan Bapak Drs. Abdul Basid,
M.Si terimakasih atas bimbingan dan arahnya selama pengerjaan skripsi saya*

*Teman teman fisika angkatan 2017 yang sedikit banyak telah membantu dan
memberi warna dalam perjalanan menimba ilmu*

*Serta teruntuk diriku sendiri
Terimakasih sudah mau berusaha sehingga bisa sampai pada tahap ini*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan anugerahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian skripsi yang berjudul “Pengaruh Cahaya LED (Light Emite Dioda) Biru, Merah, dan Putih Terhadap Kadar Klorofil Tanaman Sawi Hijau (*Brassica Juncea L*)” dengan baik dan lancar. Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu proses penyelesaian proposal skripsi ini. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada :

1. Prof. Dr. M. Zainuddin, MA selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
3. Dr. Imam Tazi, M.Si selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
4. Khusnul Yakin, M.Si selaku dosen pembimbing utama yang telah banyak meluangkan waktu serta memberikan bimbingan kepada penulis
5. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku dosen pembimbing integrasi yang sudah meluangkan waktu serta memberikan bimbingan kepada penulis
6. Ayah, Ibu dan adik yang selalu memberikan semangat dan doa

Malang, 5 Januari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv
ملخص.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Definisi Cahaya.....	6
2.2 Spektrum Cahaya	6
2.3 Intensitas Cahaya	8
2.4 LED (Light Emite Dioda)	10
2.5 Sawi Hijau (<i>Brassica Juncea L</i>).....	12
2.5.1 Klasifikasi Sawi Hijau.....	12
2.5.2 Morfologi Sawi Hijau	12
2.5.3 Manfaat Sawi Hijau.....	13
2.6 Klorofil.....	14
2.7 Interaksi Warna Cahaya Terhadap Klorofil	17
2.8 Interaksi Intensitas Cahaya Terhadap Klorofil	22
2.9 Interaksi Waktu Penyinaran Terhadap Klorofil	23
BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1 Jenis Penelitian.....	25
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	25
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	25
3.3.1 Alat Penelitian.....	25
3.3.2 Bahan Penelitian.....	26
3.4 Alur Penelitian	26
3.5 Prosedur Penelitian.....	28
3.5.1 Persiapan Penanaman Sawi Hijau.....	28
3.5.2 Pembuatan Media Penerangan	28
3.5.3 Pengukuran Intensitas Cahaya	29
3.5.4 Penanaman Bibit Sawi Hijau	29
3.5.5 Penyinaran Lampu LED.....	29

3.5.6 Pengujian Kadar Klorofil	30
3.6 Teknik Pengambilan Data	30
3.6.1 Klorofil-a.....	30
3.6.2 Klorofil-b.....	32
3.6.3 Klorofil total.....	33
3.7 Teknik Analisis Data.....	35
BAB IV HASIL dan PEMBAHASAN.....	36
4.1 Hasil Penelitian	36
4.1.1 Pengaruh Warna Cahaya LED terhadap Klorofil Sawi Hijau	36
4.1.2 Pengaruh Intensitas Cahaya LED terhadap Klorofil Sawi Hijau.....	47
4.1.3 Pengaruh Waktu Penyinaran LED terhadap Klorofil Sawi Hijau	55
4.2 Pembahasan.....	62
4.2.1 Pengaruh Warna Cahaya LED terhadap Klorofil Sawi Hijau	62
4.2.2 Pengaruh Intensitas Cahaya LED terhadap Klorofil Sawi Hijau.....	64
4.2.3 Pengaruh Waktu penyinaran LED terhadap Klorofil Sawi Hijau	66
4.2.4 Pembahasan dalam Perspektif Al Quran	67
BAB V PENUTUP	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN.....	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Spektrum Gelombang Elektromagnetik	8
Gambar 2.2	Prinsip Kerja LED (Light Emite Dioda)	11
Gambar 2.3	Tanaman Sawi Hijau	13
Gambar 2.4	Spektrum Penyerapan Cahaya Oleh Klorofil	15
Gambar 2.5	Klorofil Tereksitasi	18
Gambar 2.6	Proses Reaksi Terang Fotosintesis	19
Gambar 2.7	Proses Sintesis Klorofil	20
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 4.1	Grafik Pengaruh Warna LED terhadap Klorofil-a	38
Gambar 4.2	Hasil Anova Pengaruh Perlakuan LED terhadap Klorofil-a	38
Gambar 4.3	Grafik Pengaruh Warna LED terhadap Klorofil-b	42
Gambar 4.4	Hasil Anova Pengaruh Perlakuan LED terhadap Klorofil-b	42
Gambar 4.5	Grafik Pengaruh Warna LED terhadap Klorofil Total	46
Gambar 4.6	Hasil Anova Pengaruh Perlakuan LED terhadap Klorofil Total....	46
Gambar 4.7	Grafik Pengaruh Intensitas LED terhadap Klorofil-a	49
Gambar 4.8	Grafik Pengaruh Intensitas LED terhadap Klorofil-b	51
Gambar 4.9	Grafik Pengaruh Intensitas LED terhadap Klorofil Total	53
Gambar 4.10	Grafik Pengaruh Waktu Penyinaran LED terhadap Klorofil-a	56
Gambar 4.11	Grafik Pengaruh Waktu Penyinaran LED terhadap Klorofil-b	58
Gambar 4.12	Grafik Pengaruh Waktu Penyinaran LED terhadap Klorofil Total	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spektrum Cahaya Tampak.....	8
Tabel 2.2	Bahan Semikonduktor untuk Menghasilkan Cahaya LED	11
Tabel 2.3	Klasifikasi Sawi Hijau	12
Tabel 2.4	Kandungan Gizi 100 Gram Sawi Hijau	13
Tabel 3.1	Data Klorofil-a	31
Tabel 3.2	Data Klorofil-b.....	32
Tabel 3.3	Data Klorofil Total.....	34
Tabel 4.1	Data Klorofil-a	36
Tabel 4.2	Rata-rata Klorofil-a pada Perlakuan Warna LED	37
Tabel 4.3	Hasil Uji Duncan Pengaruh Warna LED terhadap Klorofil-a	39
Tabel 4.4	Data Klorofil-b.....	40
Tabel 4.5	Rata-rata Klorofil-b pada Perlakuan Warna LED.....	41
Tabel 4.6	Hasil Uji Duncan Pengaruh Warna LED terhadap Klorofil-b	43
Tabel 4.7	Data Klorofil Total.....	44
Tabel 4.8	Rata-rata Klorofil Total pada Perlakuan Warna LED.....	45
Tabel 4.9	Hasil Uji Duncan Pengaruh Warna LED terhadap Klorofil Total	47
Tabel 4.10	Rata-rata Klorofil-a pada Perlakuan Intensitas Cahaya LED	48
Tabel 4.11	Hasil Uji Duncan Pengaruh Intensitas Cahaya LED terhadap Klorofil-a.....	49
Tabel 4.12	Rata-rata Klorofil-b pada Perlakuan Intensitas Cahaya LED	50
Tabel 4.13	Rata-rata Klorofil Total pada Perlakuan Intensitas Cahaya LED	52
Tabel 4.14	Hasil Uji Duncan Pengaruh Intensitas Cahaya LED terhadap Klorofil Total	54
Tabel 4.15	Rata-rata Klorofil-a pada Perlakuan Waktu Penyinaran LED	55
Tabel 4.16	Hasil Uji Duncan Pengaruh Waktu Penyinaran Cahaya LED terhadap Klorofil-a.....	56
Tabel 4.17	Rata-rata Klorofil-b pada Perlakuan Waktu Penyinaran LED.....	57
Tabel 4.18	Hasil Uji Duncan Pengaruh Waktu Penyinaran Cahaya LED terhadap Klorofil-b.....	59
Tabel 4.19	Rata-rata Klorofil Total pada Perlakuan Waktu Penyinaran LED.....	60
Tabel 4.20	Hasil Uji Duncan Pengaruh Waktu Penyinaran Cahaya LED terhadap Klorofil Total.....	61

ABSTRAK

Mustofa, Lisanatul. 2022. **Pengaruh Cahaya LED (Light Emite Dioda) Biru, Merah dan Putih terhadap Kadar Klorofil Tanaman Sawi Hijau (*Brassica Juncea L*)**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I)Khusnul Yakin, M.Si (II) Drs.Abdul Basid, M.Si.

Kata Kunci : Sawi Hijau, Cahaya LED, Klorofil

Sawi hijau adalah salah satu tanaman yang mengandung klorofil. Klorofil memiliki banyak manfaat dalam kesehatan seperti penambah darah, menetralkan racun, sebagai antioksidan, menjaga keseimbangan asam basa dalam tubuh, melancarkan sistem pencernaan, melancarkan peredaran darah, membersihkan tubuh secara internal, dan meningkatkan daya tahan tubuh. Cahaya merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pembentukan klorofil. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh warna, intensitas, dan waktu penyinaran LED terhadap klorofil sawi hijau. Penelitian ini menggunakan variasi warna LED biru, merah, dan putih serta variasi intensitas LED 20 lux, 30 lux, 40 lux, dan 50 lux dan variasi waktu penyinaran LED 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Hasil penelitian menunjukkan perlakuan warna, intensitas, dan waktu penyinaran LED dapat meningkatkan kandungan klorofil sawi hijau. Klorofil-a diperoleh paling banyak ketika disinari dengan cahaya biru yaitu 0,586 mg/g sedangkan klorofil-b dan klorofil total sawi hijau diperoleh paling banyak ketika disinari dengan cahaya merah yaitu 0,699 mg/g dan 1,282 mg/g. Pada intensitas 40 lux diperoleh klorofil-a dan klorofil total sawi hijau paling banyak yaitu 0,5858 mg/g dan 1,280 mg/g dan klorofil-b diperoleh paling banyak ketika disinari dengan intensitas 50 lux yaitu 0,696 mg/g. Pada penyinaran LED selama 1 jam diperoleh klorofil-b dan klorofil total paling banyak yaitu 0,710 mg/g dan 1,289 mg/g dan klorofil-a diperoleh paling banyak ketika disinari cahaya LED selama 2 jam yaitu 0,587 mg/g.

ABSTRACT

Mustofa, Lisanatul. 2022. **Effect of Blue LED (Light Emite Diode),Red and White on Chlorophyll Content of Mustard Greens (Brassica Juncea L).** Essay. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Supervisor: (I) KhusnulYakin, M.Si (II) Drs. Abdul Basid, M.Si.

Keywords : Mustard Greens, LED Light, Chlorophyll

Mustard greens is a plant that contains chlorophyll. Chlorophyll has many health benefits such as increasing blood, neutralizing toxins, as an antioxidant, maintaining acid-base balance in the body, launching the digestive system, improving blood circulation, cleansing the body internally, and increasing endurance. Light is one of the factors that affect the formation of chlorophyll. The purpose of this study was to determine the effect of color, intensity, and LED irradiation time on mustard green chlorophyll. This research uses blue, red, and white LED color variations as well as 20 lux, 30 lux, 40 lux, and 50 lux LED intensity variations and LED irradiation time variations of 1 hour, 2 hours, and 3 hours. The results showed that the color treatment, intensity, and time of LED irradiation could increase the chlorophyll content of mustard greens. Chlorophyll-a was obtained the most when irradiated with blue light, namely 0.586 mg/g, while chlorophyll-b and total chlorophyll of mustard greens were obtained the most when irradiated with red light, namely 0.699 mg/g and 1.282 mg/g. At an intensity of 40 lux, the most chlorophyll-a and total chlorophyll of mustard greens were 0.5858 mg/g and 1.280 mg/g and chlorophyll-b was obtained the most when irradiated with an intensity of 50 lux, namely 0.696 mg/g. In LED irradiation for 1 hour, the most chlorophyll-b and total chlorophyll were 0.710 mg/g and 1.289 mg/g and chlorophyll-a was obtained the most when irradiated with LED light for 2 hours, namely 0.587 mg/g.

ملخص

مصطفى , لسا ناتول. ٢٠٢٢. تأثير ضوء الأزرق والأحمر والأبيض على مستويات الكلوروفيل في الخردل الأخضر. مقال. قسم الفيزياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، مولانا مالك إبراهيم الدولة الإسلامية جامعة مالانج. المشرف: (١) خوسنول يقين(٢)عبد الباسيد

الكلمات الرئيسية: الخردل الأخضر ، الصمام الخفيفة ، الكلوروفيل

الخردل هو نبات يحتوي على الكلوروفيل. يحتوي الكلوروفيل على العديد من الفوائد الصحية مثل زيادة الدم ، وتحسين السموم ، كمضاد للأكسدة ، والحفاظ على التوازن الحمضي القاعدي في الجسم ، وإطلاق الجهاز الهضمي ، وتحسين الدورة الدموية ، وتطهير الجسم داخلياً ، وزيادة القدرة على التحمل. الضوء هو أحد العوامل التي تؤثر على تكوين الكلوروفيل. كان الغرض من هذه الدراسة هو تحديد تأثير اللون ، والشدة ، ووقت تشعيع الصمام الثنائي الباعث للضوء على الخردل الأخضر باللون الأزرق والأحمر والأبيض بالإضافة إلى ٢٠ لوكس و ٣٠ لوكس و الكلوروفيل. يستخدم هذا البحث اختلافات في ألوان لمدة ساعة وساعتين و ٣ ساعات. أظهرت النتائج أن معالجة وتغيرات زمنية تشعيع ٤٠ لوكس و ٥٠ لوكس مع تغيرات شدة يمكن أن تزيد من محتوى الكلوروفيل في خضار الخردل. تم الحصول على الكلوروفيل-أ أكثر عند اللون وكثافة ووقت تشعيع تعرضه للإشعاع بالضوء الأزرق ، أي ٠.٥٨٦ مجم / جم ، بينما تم الحصول على الكلوروفيل-ب والكلوروفيل الكلي لخضار الخردل أكثر عند التشعيع بالضوء الأحمر ، أي ٠.٦٩٩ مجم / جم و ١.٢٨٢ مجم / جم. عند شدة ٤٠ لوكس ، كان معظم الكلوروفيل أ وإجمالي الكلوروفيل من الخردل الأخضر ٠.٥٨٥٨ مجم / جم و ١.٢٨٠ مجم / جم وتم الحصول على لمدة ساعة واحدة ، كان معظم الكلوروفيل-ب أكثر عند التشعيع بكثافة ٥٠ لوكس ، أي ٠.٦٩٦ مجم / جم . في تشعيع الكلوروفيل-ب والكلوروفيل الكلي ٠.٧١٠ مجم / جم و ١.٢٨٩ مجم / جم وتم الحصول على الكلوروفيل-أ عند التشعيع لمدة ساعتين ، أي ٠.٥٨٧ مجم / جم بضوء

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Allah SWT telah menciptakan berbagai macam tumbuhan yang memiliki banyak manfaat sebagaimana yang telah difirmankan dalam surah Asy-Syu'araa ayat 7 :

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿٧﴾

“Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?” (QS. Asy-Syu'araa[26]:7)

Tumbuhan banyak dimanfaatkan oleh manusia sebagai sayuran untuk dikonsumsi, salah satunya adalah sawi hijau. Sawi hijau adalah tanaman dari kelompok brassica yang sering dimanfaatkan daunnya sebagai sayuran. Sawi hijau memiliki kandungan klorofil yang cukup tinggi yang berguna untuk kesehatan tubuh diantaranya sebagai penambah darah karena strukturnya yang hampir sama dengan hemoglobin sehingga dapat memicu terbentuknya sel darah merah, merangsang terbentuknya sel darah putih yang berguna untuk melawan mikroorganisme penyebab penyakit, dapat mempercepat pembentukan jaringan fibroblas yang berguna untuk regenerasi sel, menetralkan racun dari hati dan darah, sebagai antioksidan, melancarkan sistem pencernaan, melancarkan peredaran darah, membersihkan tubuh secara internal, mengurangi bau mulut, meningkatkan sirkulasi organ tubuh dan meningkatkan daya tahan tubuh (Merdekawati dan Susanto, 2009; Sari dan Hidayati, 2020).

Klorofil juga berguna untuk mengatasi berbagai penyakit seperti kanker, radang kulit, anemia, radang pancreas, nyeri otot, hipertensi, jantung

coroner, tukak lambung, osteoporosis, asam urat dan lain-lain (Merdekawati dan Susanto, 2009; Prambudi, 2019). Klorofil sangat bermanfaat untuk kesehatan tubuh, oleh karena itu penting dilakukan penelitian untuk mengetahui kadar klorofil pada tanaman. Klorofil memiliki banyak manfaat sebagaimana firman Allah SWT dalam QS Yaasiin ayat 80 :

الَّذِي جَعَلَ لَكُم مِّنَ الشَّجَرِ الْأَخْضَرِ نَارًا فَإِذَا أَنتُم مِّنْهُ تُوقِدُونَ ﴿٨٠﴾

“Yaitu Tuhan yang menjadikan untukmu api dari kayu yang hijau, Maka tiba-tiba kamu nyalakan (api) dari kayu itu” (QS Yaasiin.[36]:80)

Dalam kalimat *minasyajiril akhdhori* yang berarti dari pohon yang hijau, hijau disini ditafsirkan sebagai klorofil dimana klorofil tersebut bermanfaat dalam menyerap cahaya sebagai energi untuk melakukan fotosintesis sehingga tanaman dapat memperoleh makanan dan juga menghasilkan oksigen yang dibutuhkan oleh manusia dan hewan (Shihab, 2002).

Cahaya merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pembentukan klorofil (Kurmiawan, dkk., 2020). LED merupakan jenis lampu yang dapat memancarkan cahaya monokromatik apabila dialiri arus listrik. Kelebihan lampu LED antara lain tidak menghasilkan energi panas sehingga tidak menimbulkan kerusakan pada tanaman, daya listrik rendah, memiliki ketahanan yang kuat dan terdapat banyak warna cahaya (Isnaini, dkk., 2015; Zulfiana, dkk., 2020).

Selain berasal dari matahari cahaya juga dapat berasal dari lampu, dengan menambahkan cahaya lampu pada penyinaran tanaman memungkinkan adanya kenaikan jumlah klorofil pada tanaman. Pengaruh pemberian cahaya LED terhadap senyawa tanaman telah dibuktikan oleh beberapa penelitian. Suyono, dkk., (2015) telah melakukan penelitian tentang kombinasi lampu biru, merah,

putih dan ultraviolet terhadap klorofil mikroalga *hematococcus pluvialis*, hasil penelitiannya menyatakan kombinasi cahaya merah dan ultraviolet meningkatkan kandungan klorofil tiga kali lipat sedangkan kombinasi cahaya biru dan ultraviolet meningkatkan kandungan klorofil per sel empat kali lipat dibandingkan tanpa perlakuan.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Arifah, dkk., (2019) menyatakan bahwa mikroalga *S. costatum* yang diberi perlakuan cahaya LED putih, merah dan biru diperoleh kadar klorofil-a paling banyak ketika disinari cahaya berwarna putih kemudian diikuti warna biru dan terendah ketika disinari cahaya merah. Pada penelitian yang dilakukan oleh Fan, dkk., (2013) menyatakan tanaman sawi putih yang diberi perlakuan cahaya kuning, merah, hijau, biru, biru+merah memiliki kadar klorofil-a paling banyak ketika disinari cahaya biru+merah kemudian diikuti cahaya biru dan terendah ketika disinari cahaya merah.

Penelitian yang dilakukan sebelumnya belum menjelaskan tentang variasi intensitas lampu LED dan variasi waktu penyinaran, oleh karena itu penulis ingin melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Cahaya LED (Light Emitte Dioda) Biru, Merah dan Putih Terhadap Kadar Klorofil Tanaman Sawi Hijau (*Brassica Juncea L*)” dengan memvariasikan intensitas lampu LED dan waktu penyinaran. Dengan harapan pemberian variasi intensitas lampu LED dan waktu penyinaran dapat memberikan pengaruh yang baik untuk meningkatkan kadar klorofil pada tanaman khususnya tanaman sawi hijau.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh warna cahaya LED terhadap klorofil sawi hijau ?

2. Bagaimana pengaruh intensitas cahaya LED terhadap klorofil sawi hijau ?
3. Bagaimana pengaruh waktu penyinaran LED terhadap klorofil sawi hijau ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh warna cahaya LED terhadap klorofil sawi hijau
2. Untuk mengetahui pengaruh intensitas cahaya LED terhadap klorofil sawi hijau
3. Untuk mengetahui pengaruh waktu penyinaran LED terhadap klorofil sawi hijau

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberi informasi tentang warna cahaya LED yang baik untuk penyinaran sawi hijau agar diperoleh klorofil yang optimal
2. Memberi informasi tentang intensitas cahaya LED yang baik untuk penyinaran sawi hijau agar diperoleh klorofil yang optimal
3. Memberi informasi tentang waktu penyinaran yang baik untuk sawi hijau agar diperoleh klorofil yang optimal

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Warna lampu LED yang digunakan dalam penelitian adalah biru, merah dan putih
2. Intensitas lampu LED yang digunakan adalah 20 lux, 30 lux, 40 lux dan 50 lux

3. Waktu penyinaran cahaya LED dalam penelitian ini adalah 1 jam, 2 jam dan 3 jam
4. Tanaman yang digunakan dalam penelitian adalah sawi hijau
5. Tanaman sawi hijau disinari cahaya LED selama 20 hari
6. Klorofil dihitung menggunakan metode arnon
7. Penelitian ini dikhususkan pada pengaruh cahaya LED biru, merah dan putih terhadap kadar klorofil tanaman sawi hijau

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Cahaya

Cahaya merupakan gelombang transversal yaitu gelombang yang arah rambatannya tegak lurus dengan arah getarannya. Cahaya juga merupakan gelombang elektromagnetik yaitu gelombang yang dapat merambat tanpa membutuhkan medium atau perantara (Nugraha, dkk., 2020), sehingga cahaya dapat merambat tanpa adanya medium dengan kecepatan 3×10^8 m/detik (Giancoli, 2001). Cahaya merupakan gelombang elektromagnetik yang dapat dilihat oleh mata atau biasa disebut dengan cahaya tampak (visible light) (Pamungkas dan Rohmah, 2015). Cahaya tampak memiliki panjang gelombang antara 400 nm sampai 750 nm dan frekuensi antara 4×10^{14} Hz sampai $7,5 \times 10^{14}$ Hz (Giancoli, 2001).

2.2 Spektrum Cahaya

Cahaya merupakan gelombang elektromagnetik, jarak antara puncak gelombang elektromagnetik disebut sebagai panjang gelombang. Berdasarkan panjang gelombangnya, gelombang elektromagnetik terdiri atas beberapa spektrum yaitu gelombang radio, gelombang mikro, gelombang inframerah, cahaya tampak, gelombang ultraviolet, sinar x dan sinar gamma seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1. Dari beberapa spektrum gelombang elektromagnetik hanya cahaya tampak yang mampu dilihat oleh mata karena retina hanya dapat mendeteksi bayangan benda yang dihasilkan oleh cahaya tampak. Benda dengan temperature tinggi dapat menghasilkan cahaya tampak contohnya seperti matahari, api dan filament dalam lampu. Selain itu perpindahan

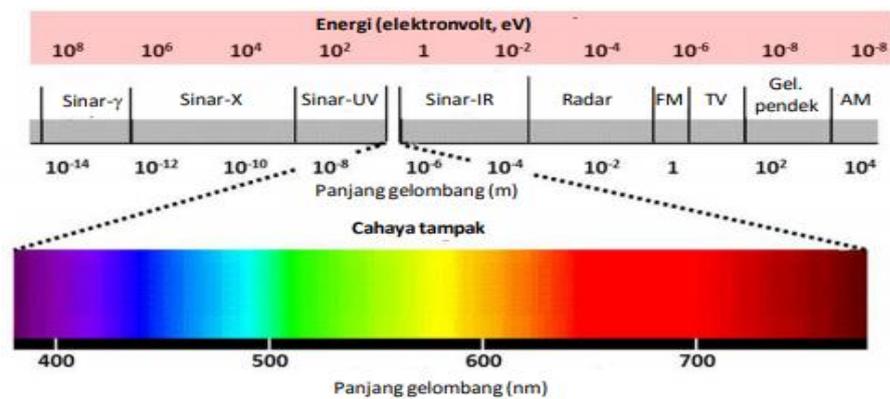
elektron dalam atom dari energi tinggi ke energi rendah juga dapat menghasilkan cahaya tampak. Adapun cahaya tampak terbagi atas beberapa spektrum warna yaitu merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila dan ungu seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1 dan tabel 2.1 (Handoko dan Fajariyanti, 2010; Abdullah, 2017).

Hal ini sesuai dengan firman Allah dalam QS.An-nur ayat 35 yang berbunyi :

اللَّهُ نُورُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ ۚ مِثْلُ نُورِهِ ۚ كَمِشْكَاةٍ فِيهَا مِصْبَاحٌ ۚ الْمِصْبَاحُ فِي زُجَاجَةٍ ۚ
الزُّجَاجَةُ كَأَنَّهَا كَوْكَبٌ دُرِّيٌّ يُوقَدُ مِنْ شَجَرَةٍ مُبْرَكَةٍ زَيْتُونَةٍ لَا شَرْقِيَّةٍ وَلَا غَرْبِيَّةٍ يَكَادُ زَيْتُهَا
يُضِيءُ وَلَوْ لَمْ تَمْسَسْهُ نَارٌ ۚ نُورٌ عَلَى نُورٍ ۗ يَهْدِي اللَّهُ لِنُورِهِ ۗ مَنْ يَشَاءُ ۗ وَيَضْرِبُ اللَّهُ الْأَمْثَلَ
لِلنَّاسِ ۗ وَاللَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ ﴿٣٥﴾

“ Allah (Pemberi) cahaya (kepada) langit dan bumi. perumpamaan cahaya Allah, adalah seperti sebuah lubang yang tak tembus, yang di dalamnya ada Pelita besar. Pelita itu di dalam kaca (dan) kaca itu seakan-akan bintang (yang bercahaya) seperti mutiara, yang dinyalakan dengan minyak dari pohon yang berkahnya, (yaitu) pohon zaitun yang tumbuh tidak di sebelah timur (sesuatu) dan tidak pula di sebelah barat(nya), yang minyaknya (saja) hampir-hampir menerangi, walaupun tidak disentuh api. cahaya di atas cahaya (berlapis-lapis), Allah membimbing kepada cahaya-Nya siapa yang dia kehendaki, dan Allah memperbuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia, dan Allah Maha mengetahui segala sesuatu”. (QS An-nur[24]:35).

Pada makna kalimat “cahaya di atas cahaya (berlapis-lapis)” berkaitan dengan cahaya memiliki beberapa spektrum warna berdasarkan panjang gelombangnya. Ketika cahaya melewati celah yang sangat kecil maka akan terjadi proses difraksi, dimana cahaya berwarna putih akan diuraikan menjadi beberapa warna berdasarkan panjang gelombangnya dan cahaya tersebut akan menjadi sumber cahaya baru (Susilayati, 2016).



Gambar 2.1. Spektrum Gelombang Elektromagnetik (Abdullah, 2017)

Tabel 2.1 Spektrum Cahaya Tampak (Handoko dan Fajariyanti, 2010).

Warna	Panjang gelombang
Merah	625-740
Jingga	590-625
Kuning	565-590
Hijau	520-565
Biru	435-520
Nila	400-435
Ungu	380-400

Panjang pendeknya suatu gelombang akan menentukan banyaknya energi yang dimiliki oleh cahaya. Menurut Planck dan Einstein cahaya terdiri atas beberapa partikel kecil yaitu foton, dimana foton memiliki sifat materi dan gelombang. Foton memiliki jumlah energi yang tetap dan dinyatakan dalam kuantum (Handoko dan Fajariyanti, 2010).

2.3 Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya merupakan besaran pokok fisika yang digunakan untuk mengukur daya yang dikeluarkan oleh sumber cahaya pada arah tertentu per satuan sudut. Satuan intensitas cahaya adalah Lux (lx), sedangkan dalam satuan internasional satuan intensitas cahaya adalah candela (Cd) (Danurwendo, 2010).

Hubungan antara fluks cahaya (Φ) dan sudut ruang dapat didefinisikan menggunakan persamaan berikut (Danurwendo, 2010) :

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

Keterangan :

- I = intensitas cahaya (Cd)
- Φ = fluks atau arus cahaya (lm=lumen)
- ω = sudut ruang (sr)

Berdasarkan persamaan 2.1 intensitas cahaya berbanding terbalik dengan sudut ruang dan berbanding lurus dengan fluks cahaya. Besarnya intensitas cahaya yang dihasilkan oleh sumber cahaya adalah tetap walaupun dipancarkan secara terpusat ataupun menyebar (Danurwendo, 2010).

Luminasi adalah ukuran untuk menentukan tingkat terang suatu benda, dimana luminasi yang terlalu besar akan menyilaukan mata. Hubungan antara luminasi dan intensitas cahaya dapat didefinisikan menggunakan persamaan berikut (Fajri, dkk., 2014) :

$$L = \frac{I}{A_s} \quad (2.2)$$

Keterangan :

- L = luminasi (cd/cm^2)
- I = intensitas cahaya (Cd)
- A_s = luas semu permukaan (cm^2)

Berdasarkan persamaan 2.2 luminasi berbanding lurus dengan intensitas cahaya dan berbanding terbalik dengan luas semu permukaan.

Kuat penerangan adalah fluks cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya terhadap bidang yang menerima sumber cahaya. Hubungan kuat penerangan dengan intensitas cahaya dapat didefinisikan menggunakan persamaan berikut (Danurwendo, 2010) :

$$E = \frac{I}{h^2} \quad (2.3)$$

Keterangan :

E = kuat penerangan (lx=lux)

I = intensitas cahaya (Cd)

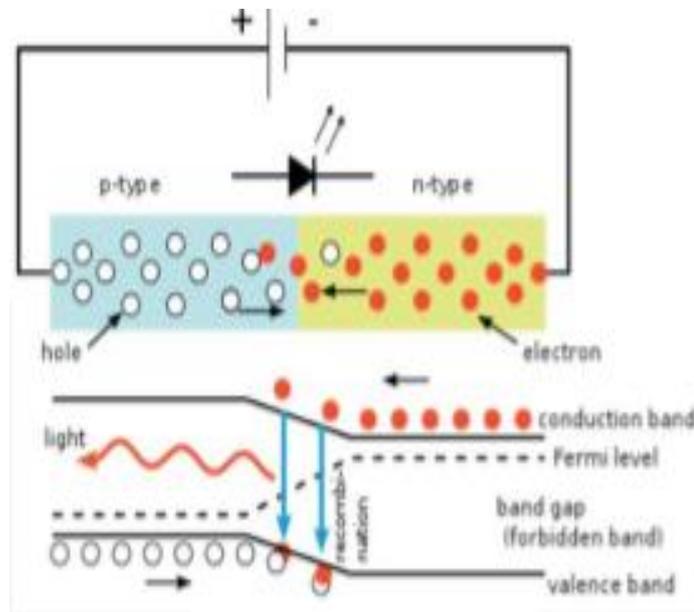
h = jarak sumber penerangan ke titik pengukuran (m²)

Berdasarkan persamaan 2.3 kuat penerangan berbanding lurus dengan intensitas cahaya dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak sumber penerangan ke titik pengukur.

2.4 LED (Light Emite Dioda)

LED merupakan jenis lampu yang dapat memancarkan cahaya monokromatik apabila dialiri arus listrik (Isnaini, dkk., 2015). LED adalah jenis dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor, yaitu bahan yang dapat bersifat sebagai konduktor (penghantar arus listrik) dan isolator (penghambat arus listrik) (Syafriyudin dan Ledhe, 2015). Pada LED terdapat sambungan p dan n, ketika bahan semikonduktor jenis p dan n disambungkan maka akan terjadi perpindahan muatan elektron dari bahan semikonduktor jenis n ke bahan semikonduktor jenis p. Hal ini menyebabkan semikonduktor jenis n kehilangan elektron, sehingga menjadi bermuatan positif dan semikonduktor jenis p akan kelebihan elektron sehingga menjadi bermuatan negatif. Ketika muatan positif bertemu dengan

muatan negatif maka akan terjadi penggabungan muatan positif dan negatif sehingga menghasilkan cahaya seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2 (Isnaini, dkk., 2015; Nugraha, dkk., 2020).



Gambar 2.2 Prinsip Kerja LED (Light Emite Dioda)
(Nugraha, dkk., 2020)

Kelebihan lampu LED antara lain tidak menghasilkan energi panas, harga terjangkau, ringan, memiliki ketahanan yang kuat dan terdapat banyak warna cahaya (Isnaini, dkk., 2015). Untuk menghasilkan warna cahaya yang berbeda-beda maka diperlukan bahan semikonduktor yang berbeda-beda juga untuk membuat LED seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.2 (Held, 2009).

Tabel 2.2 Bahan Semikonduktor untuk Menghasilkan Cahaya LED (Held, 2009).

Bahan semikonduktor	Emisi LED
Aluminium gallium arsenide (AlGaAs)	Merah dan inframerah
Aluminium gallium phosphide (AlGaP)	Hijau
Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP)	Jingga, kuning
Diamond (C)	Uv
Gallium arsenide phosphide (GaAsP)	Merah, jingga dan merah, jingga, kuning
Gallium phosphide (GaP)	Merah, kuning, hijau

Gallium nitrate (GaN)	Hijau
Gallium nitrate (GaN) dengan AlGaN quantum barrier	Biru, putih
Sapphire (Al ₂ O ₃)	Biru
Silicon carbide (SiC)	Biru
Zinc selenide (ZnSe)	Biru

2.5 Sawi Hijau (*Brassica Juncea L*)

2.5.1 Klasifikasi Sawi Hijau

Tanaman sawi hijau dapat diklasifikasikan seperti yang ditunjukkan pada tabel

2.3 (Novianti, 2017) :

Tabel 2.3 Klasifikasi Sawi Hijau

Kingdom	Plantae (tumbuhan)
Sub kingdom	Tracheobionta (tumbuhan berpembuluh)
Divisi	Magnoliophyta (tumbuhan berbunga)
Sub divisi	Spermatophyta (menghasilkan biji)
Kelas	Magnoliopsida (berkeping dua)
Sub kelas	Dilleniidae
Ordo	Capparales)
Famili	Brassicaceae (sawi-sawian)
Spesies	<i>Brassica juncea L</i>

2.5.2 Morfologi Sawi Hijau

Sawi hijau memiliki tangkai daun yang kecil, panjang dan berwarna putih kehijauan, memiliki daun lebar, tipis, memanjang dan berwarna hijau, memiliki rasa sedikit pahit, segar dan tekstur yang renyah (Novianti, 2017). Sawi hijau memiliki batang pendek dan beruas-ruas yang berfungsi untuk menopang daun, memiliki daun yang lonjong, tidak berbuluh dan halus seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3 (Sunarjono, 2013).



Gambar 2.3 Tanaman Sawi Hijau
(Sunarjono, 2013)

2.5.3 Manfaat Sawi Hijau

Kandungan gizi yang terdapat pada sawi hijau memiliki banyak manfaat untuk kesehatan tubuh. Berikut kandungan gizi dalam 100 gram sawi hijau ditunjukkan pada tabel 2.4 (Alifah, dkk., 2019) :

Tabel 2.4 Kandungan Gizi 100 Gram Sawi Hijau (Alifah, dkk., 2019)

Komposisi	Jumlah
Protein (g)	2,3
Lemak (g)	0,4
Karbohidrat (g)	4,0
Kalsium (mg)	220
Fosfor (mg)	38,0
Besi (mg)	2,9
Vitamin A (mg)	1.940
Vitamin B (mg)	0,09
Vitamin C (mg)	102
Energi (kal)	22,0
Serat (g)	0,7
Air (g)	92,2
Natrium (mg)	20,0

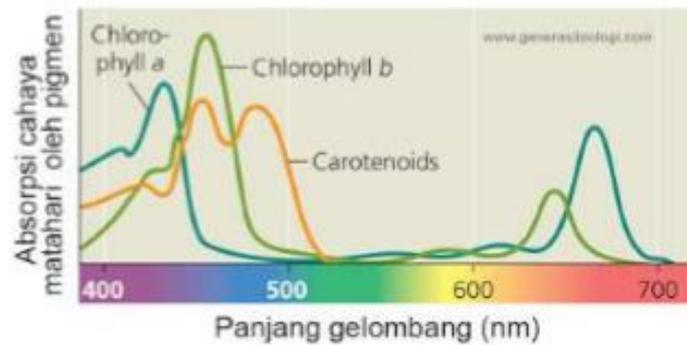
Kandungan vitamin c pada sawi hijau hampir sama dengan vitamin c pada jeruk, berfungsi untuk menjaga daya tahan tubuh agar tidak mudah sakit. Kandungan kalsium pada sawi hijau bermanfaat untuk membentuk dan menjaga kesehatan tulang dan gigi sehingga dapat menghambat gigi berlubang dan

osteoporosis. Kandungan zat besi pada sawi hijau bermanfaat untuk pembentukan hemoglobin pada darah. Sawi hijau dapat menurunkan kadar kolesterol jahat yang menyebabkan stroke dan penyakit jantung, serta dapat menurunkan kadar gula. Selain itu sawi hijau mengandung senyawa kimia yang dapat mencegah kanker dan pembengkakan kelenjar tiroid. Sawi hijau dapat menurunkan resiko terkena penyakit kanker payudara, kanker prostat, kanker ginjal, kanker paru-paru, dan kanker kandung kemih. Sawi hijau juga dapat mencegah penyakit gondok (Alifah, dkk., 2019).

2.6 Klorofil

Klorofil berasal dari kata chloros yang artinya hijau dan phyllos yang artinya daun. Klorofil merupakan pigmen yang memberi warna hijau pada tumbuhan, dimana pigmen tersebut berperan penting dalam proses fotosintesis untuk mengubah energi cahaya menjadi energi kimia (Ai dan Banyo, 2011). Beberapa faktor yang mempengaruhi terbentuknya klorofil antara lain faktor pembawa, sinar matahari, oksigen, karbohidrat, nitrogen, magnesium, zat besi, air, unsur Mn Cu dan Zn, dan suhu yang baik yaitu antara 26 °C sampai 30 °C (Kurmiawan, dkk., 2020).

Tumbuhan hijau memiliki dua macam klorofil yaitu klorofil-a dengan warna hijau tua dan klorofil-b dengan warna hijau muda. Klorofil-a berfungsi untuk mengubah energi cahaya menjadi energi kimia, sedangkan klorofil-b berfungsi untuk menyalurkan cahaya yang diserap menuju klorofil a sehingga bisa diubah menjadi energi kimia. Klorofil-a dan klorofil-b paling banyak menyerap cahaya dengan panjang gelombang 400-490 nm dan 620-680 nm seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4 (Zulfiana, dkk., 2020).



Gambar 2.4 Spektrum Penyerapan Cahaya Oleh Klorofil
(Zulfiana, dkk., 2020)

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengukur kadar klorofil antara lain (Riyono, 2006) :

1. Metode kolorimetri

Metode kolorimetri dilakukan dengan cara menggunakan larutan yang dimasukkan ke dalam tabung gelas, dimana larutan tersebut memiliki tingkat kepekatan warna yang berbeda. Larutan khusus tersebut dibandingkan dengan ekstrak klorofil dalam acetone 90%, kemudian dipilih yang paling cocok dengan warna dari ekstrak klorofil. Kelemahan dari metode ini adalah sulit membedakan warna secara cermat karena hanya menggunakan pengamatan mata.

2. Metode spektrofotometri

Metode ini merupakan metode yang paling sering digunakan untuk mengukur kadar klorofil. Metode ini didasarkan pada hukum Lambert dan Beer yaitu penyerapan pada gelombang cahaya tertentu adalah fungsi dari kadar zat terlarut, koefisien penyerapan dan panjang lintasan cahaya dalam kuvet. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengukur kadar klorofil dengan cara spektrofotometri salah satunya yaitu metode Arnon.

Pada metode ini menggunakan panjang gelombang 663 dan 665 nm untuk mengukur nilai absorbansi larutan klorofil dan menggunakan pelarut acetone 80% dalam proses ekstraksi klorofil. Untuk mengetahui kadar klorofil dengan metode Arnon dapat menggunakan persamaan sebagai berikut (Lindawati, dkk., 2014; Suprianto, dkk., 2016) :

$$\text{Klorofil a} = [12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{665}] \times \frac{v}{1000 \times w} \quad (\text{mg/g})$$

$$\text{Klorofil b} = [22,9 \times A_{665} - 4,68 \times A_{663}] \times \frac{v}{1000 \times w} \quad (\text{mg/g})$$

$$\text{Klorofil total} = [20,2 \times A_{665} + 8,02 \times A_{663}] \times \frac{v}{1000 \times w} \quad (\text{mg/g})$$

Keterangan :

A = nilai absorbansi klorofil

v = volume pelarut (ml)

w = berat segar (g)

3. Metode fluorometri

Pada metode ini hampir sama seperti metode spektrofotometri, yang berbeda hanya pada volume sampel yang digunakan lebih sedikit dan perlakuan nya juga lebih singkat dibandingkan dengan metode spektrofotometri. Alat yang digunakan adalah fluorometer, prinsip kerja dari alat ini adalah penyinaran dengan filter cahaya biru ungu kemudian diteruskan oleh sampel melalui filter cahaya merah.

Klorofil memiliki banyak manfaat untuk kesehatan tubuh, klorofil dapat meningkatkan imunitas tubuh, melancarkan pencernaan dan peredaran darah. Klorofil juga bermanfaat sebagai anti kanker, antioksidan, dan anti peradangan. Klorofil dapat membunuh sel kanker ketika senyawa fotosensitizer pada klorofil

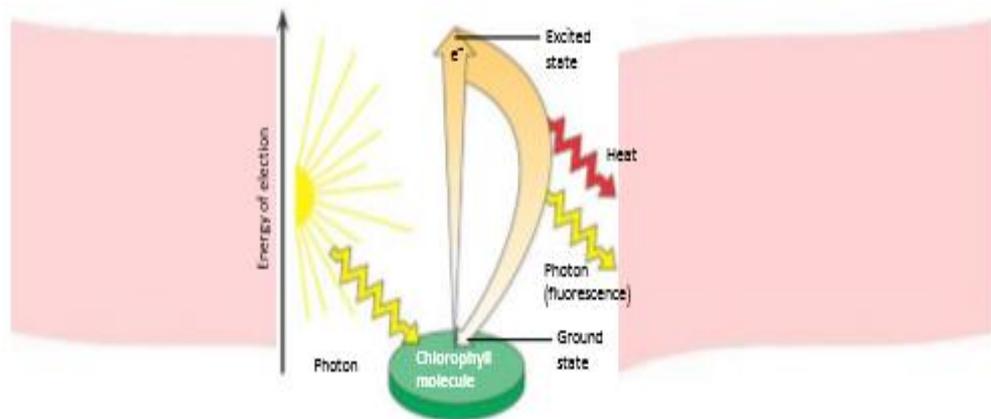
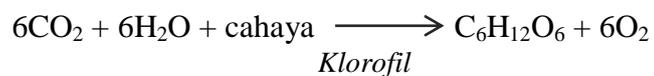
dikenai cahaya dengan panjang gelombang 630-800 nm dengan intensitas tertentu. Klorofil bermanfaat untuk menambah darah karena strukturnya yang mirip dengan hemoglobin sehingga dapat diubah menjadi hemoglobin. Klorofil dapat meningkatkan imunitas tubuh karena klorofil dapat merangsang produksi sel darah merah dan sel darah putih, dimana sel darah putih ini berfungsi untuk melawan mikroorganisme penyebab penyakit (Merdekawati dan Susanto, 2009).

Klorofil dapat meregenerasi sel sehingga mempercepat proses penyembuhan luka, hal ini dikarenakan klorofil dapat mempercepat pembentukan jaringan fibroblas yaitu sel pembentuk jaringan ikat yang berperan dalam penutupan jaringan yang luka. Klorofil bermanfaat untuk membersihkan tubuh karena terdapat struktur kimia klorofil yang mampu mengangkat kotoran dalam tubuh yang nantinya dibawa keluar bersama dengan feses. Klorofil dapat mengatasi osteoporosis karena klorofil dapat mensuplai vitamin k, menyeimbangkan kadar basa asam tubuh dan meningkatkan kadar estrogen sehingga penyerapan kalsium menjadi optimal, dan masih banyak sekali manfaat dari klorofil untuk kesehatan tubuh (Merdekawati dan Susanto, 2009).

2.7 Interaksi Warna Cahaya Terhadap Klorofil

Klorofil merupakan faktor utama yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis. Fotosintesis dipengaruhi oleh banyaknya cahaya yang diserap oleh klorofil. Spektrum biru memiliki energi cahaya yang lebih besar dibandingkan dengan spektrum merah. Klorofil menyerap energi cahaya yang datang sehingga mengakibatkan elektron pada klorofil memiliki energi yang cukup untuk melakukan eksitasi. Elektron yang tereksitasi akan ditangkap oleh feredoksin atau akseptor elektron. Muatan pada klorofil menjadi kekurangan elektron dan

menjadikannya tidak stabil sehingga membutuhkan sumbangan elektron. Pada waktu bersamaan terjadi proses fotolisis air oleh enzim sehingga terjadi pembentukan oksigen, proton dan elektron. Elektron dari pemecahan molekul air akan digunakan untuk menstabilkan muatan elektron pada klorofil dan kelebihan energi dari elektron yang tereksitasi akan dilepas menjadi panas seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5 (Zulfiana, dkk., 2020). Reaksi fotosintesis ditunjukkan pada reaksi kimia sebagai berikut :

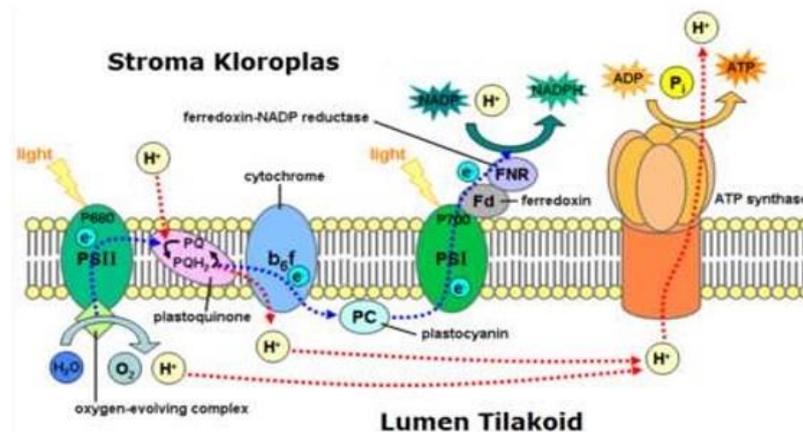


Gambar 2.5 Klorofil Tereksitasi
(Zulfiana, dkk., 2020)

Klorofil menyerap cahaya dan kemudian dikumpulkan pada pusat reaksi atau fotosistem. Terdapat dua jenis fotosistem yaitu fotosistem I dan fotosistem II. Fotosistem I adalah klorofil yang menyerap cahaya pada panjang gelombang 700 nm, sedangkan fotosistem II adalah klorofil yang menyerap cahaya dengan panjang gelombang 680 nm.

Reaksi terang diawali dengan fotosistem II menyerap cahaya sehingga elektron klorofil pada fotosistem II tereksitasi dan mengakibatkan muatannya menjadi tidak stabil, untuk menstabilkannya fotosistem II mengambil elektron

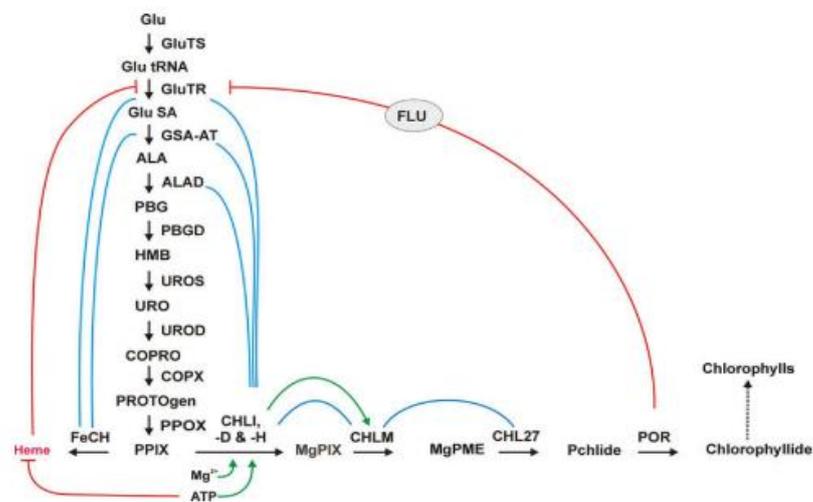
dari molekul air yang ada disekitarnya. Molekul air akan dipecah oleh enzim sehingga mengakibatkan pelepasan H^+ . Elektron dari air tersebut digunakan fotosistem II untuk mereduksi plastokuinon (PQ) menjadi PQH_2 kemudian plastokuinon mengirimkan elektron dari fotosistem II ke sitokrom b_6-f kompleks kemudian sitokrom b_6-f kompleks mengirimkan elektron dari fotosistem II ke fotosistem I. Fotosistem I berfungsi mengoksidasi plastosianin dan memindahkan elektron ke feredoksin. Elektron dari feredoksin digunakan dalam pembentukan NADPH (Wiraatmaja, 2017). Dan ion H^+ yang terlepas digunakan dalam pembentukan ATP seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6. ATP dan NADPH ini akan digunakan dalam proses sintesis klorofil (Pertamawati, 2010).



Gambar 2.6 Proses Reaksi Terang Fotosintesis
(Wiraatmaja, 2017)

Sintesis klorofil diawali dengan asam amino glutamat yang mengalami deaminasi menjadi Glu tRNA yang dikatalisis oleh Glutamyl-tRNA synthetase (GluTS) kemudian Glutamyl-tRNA reductase (GluTR) dan GSA aminotransferase (GSA-AT) mensintesis 5-aminolevulinic acid (ALA). ALA dehidratase (ALAD) kemudian memadatkan dua molekul ALA untuk membentuk pirol, porphobilinogen (PBG) dan empat molekul PBG dipolimerisasi oleh PBG

deaminase (PBGD) untuk membentuk tetrapyrrol linier, 1-hydrox-ymethylbillane (HMB) dan seterusnya seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6. Dan terakhir Mg-protoporphyrin IX (MgPIX) menggabungkan atom oksigen ke dalam Mg-protoporphyrin IX monomethyl ester (MgPME) membentuk protochlorophyllide (Pchlde). Pchlde direduksi dengan bantuan cahaya oleh protochlorophyllide oxidoreductase (POR) membentuk chlorophyllide (Chlide) kemudian ditambahkan rantai fitol untuk membentuk klorofil (Stenbaek dan Jensen, 2010).



Gambar 2.7 Proses Sintesis Klorofil
(Stenbaek dan Jensen, 2010)

Spektrum cahaya memiliki panjang gelombang yang berbeda-beda, pada saat fotosintesis cahaya tampak antara warna merah sampai warna ungu akan diserap oleh klorofil. Klorofil-a menyerap cahaya merah, biru dan ungu kemudian memantulkan cahaya berwarna hijau, sedangkan klorofil-b menyerap cahaya biru dan nila kemudian memantulkan cahaya berwarna hijau dan kuning oleh karena itu klorofil terlihat berwarna hijau (Naomi, dkk., 2018). Energi yang digunakan pada fotosintesis berasal dari spektrum cahaya tampak, dimana besarnya energi berbanding terbalik dengan panjang gelombang. Spektrum cahaya biru memiliki

panjang gelombang yang pendek yaitu 435-520 nm dan energi yang besar, sedangkan cahaya merah memiliki panjang gelombang yang lebih besar dari cahaya biru yaitu 625-740 nm dan energi yang lebih kecil dari cahaya biru. Spektrum cahaya merah memiliki panjang gelombang yang besar sehingga dapat diserap optimal oleh klorofil-a (Arifah, dkk., 2019).

Spektrum cahaya biru juga bermanfaat dalam pembentukan klorofil (Meas, dkk., 2020). Pada spektrum cahaya biru dan merah klorofil menyerap energi yang digunakan untuk fotosintesis secara optimal. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Mengxi, dkk., 2011) tanaman anggrek yang disinari cahaya merah, biru, hijau dan kuning diperoleh kadar klorofil tertinggi ketika disinari cahaya biru. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Fan, dkk., 2013) sawi putih yang disinari cahaya biru, merah, hijau, kuning, biru dan merah diperoleh kadar klorofil tertinggi ketika disinari cahaya biru.

Bayam merah yang disinari dengan cahaya merah, biru, putih dan merah plus biru diperoleh kadar klorofil total tertinggi ketika disinari cahaya merah plus biru kemudian cahaya biru, putih dan terendah cahaya merah. Sedangkan bayam hijau yang disinari dengan cahaya merah, biru, putih dan merah plus biru diperoleh kadar klorofil total tertinggi ketika disinari cahaya merah plus biru kemudian cahaya putih, biru dan terendah cahaya merah (Meas, dkk., 2020). penyinaran menggunakan cahaya biru dalam waktu tertentu dapat meningkatkan sintesis ALA sehingga dapat meningkatkan kadar klorofil (Fan, dkk., 2013). Cahaya putih memiliki panjang gelombang yang lebih banyak yaitu 380 nm – 760 nm, cahaya putih merupakan gabungan dari beberapa spektrum cahaya. Cahaya merah dan biru merupakan bagian dari spektrum cahaya putih, sehingga cahaya

putih dapat melengkapinya kekurangan dari cahaya merah dan biru sehingga cahaya putih dapat meningkatkan kadar klorofil (Arifah, dkk., 2019).

2.8 Interaksi Intensitas Cahaya Terhadap Klorofil

Intensitas cahaya sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan, biomassa dan pembentukan klorofil (Fauziah, dkk., 2019). Semakin tinggi intensitas cahaya maka semakin tinggi juga energi yang diserap oleh klorofil, akan tetapi intensitas cahaya yang terlalu tinggi dapat meningkatkan temperature daun, stomata menutup dan merusak klorofil sehingga dapat menurunkan kadar klorofil dan menghambat proses fotosintesis dan intensitas cahaya yang terlalu rendah dapat menurunkan produksi pigmen sehingga kadar klorofil juga berkurang dan menghambat proses fotosintesis (Suyanto, dkk., 2011; Sayekti, Harpeni, dkk. 2017). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Suyanto, dkk., (2011) tanaman tomat yang disinari cahaya merah dengan variasi intensitas cahaya 1000-2000 lux diperoleh kadar klorofil-a optimal pada intensitas cahaya 1750 lux.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Chen, dkk., (2010) spirulina platensis yang disinari cahaya LED dengan variasi warna merah, kuning, hijau, biru dan putih dengan variasi intensitas cahaya $750 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, $1500 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ dan $3000 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, ketika disinari cahaya merah diperoleh klorofil tertinggi pada intensitas $1500 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Ketika disinari cahaya putih diperoleh klorofil tertinggi pada intensitas $1500 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Ketika disinari cahaya kuning diperoleh klorofil tertinggi pada intensitas $1500 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Ketika disinari cahaya hijau diperoleh klorofil tertinggi pada intensitas $3000 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ dan ketika disinari cahaya biru diperoleh klorofil tertinggi pada intensitas $3000 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Hal ini menunjukkan intensitas cahaya yang terlalu tinggi dapat menurunkan kadar

klorofil dan intensitas cahaya yang terlalu rendah juga dapat menurunkan kadar klorofil.

2.9 Interaksi Waktu Penyinaran Terhadap Klorofil

Tanaman dapat tumbuh secara optimal apabila menerima intensitas cahaya, cahaya penyinaran dan durasi penyinaran yang tepat. Setiap tanaman membutuhkan durasi penyinaran yang berbeda beda agar tumbuh secara optimal, dimana pertumbuhan tanaman juga dipengaruhi oleh kadar klorofil. Salah satu faktor yang mempengaruhi pembentukan klorofil adalah cahaya. Waktu penyinaran dapat mempengaruhi pembentukan klorofil. Waktu penyinaran yang panjang dapat meningkatkan laju fotosintesis. Ketika laju fotosintesis meningkat maka karbohidrat yang dihasilkan dari proses fotosintesis juga meningkat, dimana karbohidrat ini diperlukan dalam sintesis klorofil. Ketika karbohidrat meningkat maka sintesis klorofil juga meningkat sehingga klorofil yang dihasilkan akan meningkat (Primadani dan Maghfoer, 2018).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Alamsjah, dkk., (2010) mikroalga *gracilaria verrucosa* yang disinari cahaya lampu fluorescent dengan daya 40 watt dengan variasi waktu 8 jam, 12 jam dan 16 jam kadar klorofil-a tertinggi diperoleh ketika disinari cahaya lampu selama 16 jam. Pada penyinaran 16 jam mikroalga *gracilaria verrucos* mendapatkan cahaya yang cukup sehingga mempengaruhi produksi klorofil-a. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Primadani dan Maghfoer (2018) bibit nanas yang disinari cahaya lampu fluorescent dengan variasi waktu 3 jam, 9 jam, 15 jam dan 21 jam diperoleh klorofil tertinggi ketika disinari selama 21 jam. Bayam merah yang disinari cahaya LED dengan variasi waktu 8 jam, 12 jam, 16 jam dan 20 jam diperoleh

kadar klorofil total tertinggi ketika disinari selama 16 jam, sedangkan bayam hijau yang disinari cahaya LED dengan variasi waktu 8 jam, 12 jam, 16 jam dan 20 jam diperoleh kadar klorofil total tertinggi ketika disinari selama 20 jam (Meas, dkk., 2020).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimental yang bertujuan untuk memperoleh data hasil percobaan tentang pengaruh cahaya LED (*Light Emitte Dioda*) biru, merah dan putih terhadap kadar klorofil tanaman sawi hijau (*Brassica Juncea L*).

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan pada bulan Mei sampai bulan Agustus 2021 di Desa Bayeman, Kecamatan Gondangwetan, Kabupaten Pasuruan dan Laboratorium Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Lampu LED biru, merah dan putih 3 watt
2. Wadah plastik
3. Kardus
4. Bambu
5. Fitting lampu
6. Kabel penghubung
7. Luxmeter
8. PH meter
9. Spektrofotometer visibel

10. Mortar & alu
11. Cuvet
12. Corong
13. Batang pengaduk
14. Kertas saring
15. Pipet ukur
16. Pipet tetes
17. Timbangan digital
18. Beker glass

3.3.2 Bahan Penelitian

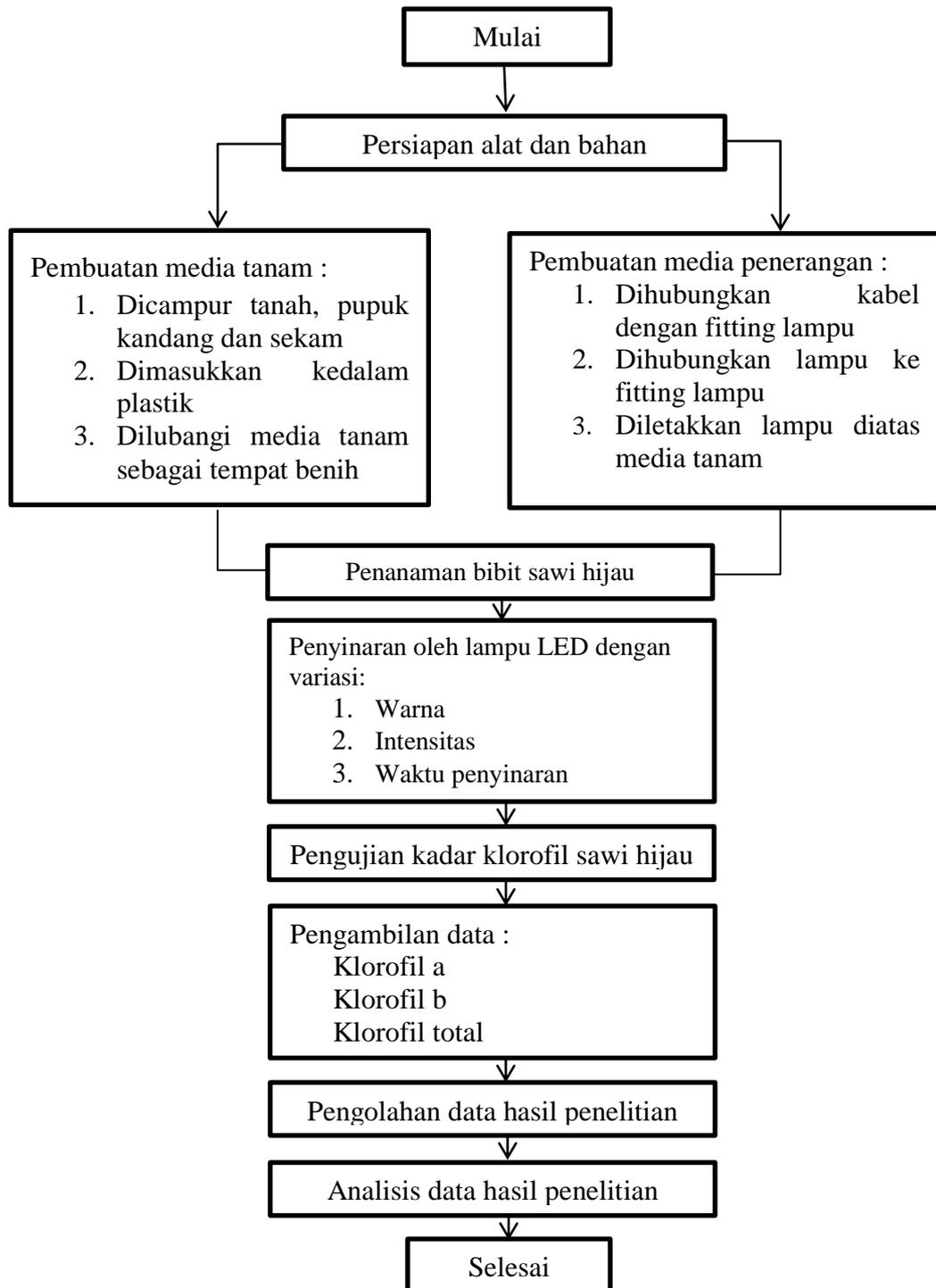
Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Bibit sawi hijau
2. Media tanam (tanah)
3. Air
4. Aceton 80%

3.4 Alur Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan menyiapkan alat dan bahan kemudian membuat media tanam dan media penerangan. Media tanam terdiri dari campuran tanah, pupuk kandang dan arang sekam setelah itu melakukan penanaman bibit sawi hijau. Setelah sawi hijau berusia 20 hari dilakukan penyinaran tambahan menggunakan lampu LED pada pukul 19.00-22.00 WIB selama 20 hari dengan memvariasikan warna, intensitas cahaya dan waktu penyinaran. Setelah disinari dengan cahaya LED selama 20 hari daun sawi hijau diambil dan diekstraksi kemudian diukur nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer visibel dan

dihitung menggunakan metode Arnon untuk mengetahui kadar klorofilnya. Setelah itu dilakukan pengolahan dan analisis data, alur penelitian ini disajikan dalam gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Persiapan Penanaman Sawi Hijau

Langkah-langkah penanaman sawi hijau adalah sebagai berikut :

1. Persiapan benih sawi hijau
 - a. Benih sawi hijau dimasukkan kedalam wadah yang berisi air
 - b. Dipilih benih sawi yang tenggelam dan benih yang mengapung tidak dipakai
 - c. Benih sawi hijau direndam air selama 2 hari
 - d. Benih sawi hijau siap ditanam pada media tanam
2. Pembuatan media tanam
 - a. Tanah, pupuk kandang dan sekam dicampur dengan perbandingan 1:1:1
 - b. Tanah, pupuk kandang dan sekam yang sudah dicampur dimasukkan kedalam plastik
 - c. Media tanam dilubangi dengan kedalaman 3 cm untuk tempat benih

3.5.2 Pembuatan Media Penerangan

Langkah-langkah membuat media penerangan adalah sebagai berikut :

1. Dihubungkan kabel dengan fitting lampu
2. Dihubungkan kabel satu dengan kabel yang lain
3. Dihubungkan lampu ke fitting lampu yang sudah tersambung dengan kabel
4. Lampu LED digantungkan diatas tanaman sawi

3.5.3 Pengukuran Intensitas Cahaya

Langkah-langkah pengukuran intensitas cahaya adalah sebagai berikut :

1. Lampu yang sudah dirangkai kemudian dinyalakan
2. Lux meter diletakkan di bawah lampu LED
3. Diatur ketinggian lampu LED sesuai dengan intensitas cahaya yang dibutuhkan

3.5.4 Penanaman Bibit Sawi Hijau

Langkah-langkah penanaman bibit sawi hijau adalah sebagai berikut :

1. Bibit sawi hijau yang sudah direndam ditanam pada media tanam dengan kedalaman 3 cm
2. Bibit sawi hijau yang sudah ditanam disiram secara rutin setiap pagi hari

3.5.5 Penyinaran Lampu LED

Langkah-langkah dalam penyinaran adalah tanaman sawi hijau yang sudah berusia 20 hari diberi penyinaran tambahan menggunakan cahaya LED pada malam hari yaitu dengan cara dimasukkan tanaman sawi hijau ke dalam box dengan ukuran 35 cm x 20 cm x 110 cm yang sudah diberi lampu LED. LED yang digunakan pada setiap box berbeda-beda yaitu biru, merah dan putih dengan variasi intensitas cahaya yaitu 20 lux, 30 lux, 40 lux dan 50 lux. Penyinaran tanaman sawi hijau oleh lampu LED dilakukan pada pukul 19.00-22.00 WIB dengan variasi waktu penyinaran yaitu 1 jam, 2 jam, dan 3 jam selama 20 hari.

3.5.6 Pengujian Kadar Klorofil

Langkah-langkah pengujian kadar klorofil adalah sebagai berikut :

1. Sawi hijau yang sudah disinari cahaya LED selama 20 hari diambil daunnya untuk diekstraksi.
2. Daun sawi hijau dipotong kecil kecil
3. Daun sawi hijau ditimbang 1 gram
4. Dimasukkan ke dalam mortar dan ditumbuk sampai halus
5. Dimasukkan 20 ml aseton 80% ke dalam mortar dan diaduk sehingga aseton dan daun yang sudah ditumbuk halus tercampur rata
6. Sampel disaring menggunakan kertas saring dan dimasukkan kedalam beker glass
7. Dimasukkan sampel yang sudah jadi kedalam cuvet
8. Dimasukkan cuvet yang sudah berisi sampel ke dalam spektrofotometer visibel
9. Diatur spektrofotometer dengan panjang gelombang 663 nm dan 645 nm
10. Dicatat nilai absorbansi yang diperoleh
11. Sampel dikeluarkan dari spektrofotometer dan diganti dengan sampel yang lain

3.6 Teknik Pengambilan Data

3.6.1 Klorofil-a

Nilai absorbansi klorofil yang sudah diperoleh dimasukkan kedalam persamaan sebagai berikut :

$$\text{Klorofil-a} = [12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645}] \times \frac{v}{1000 \times w} \quad (\text{mg/g})$$

Dimana A 663 adalah nilai absorbansi klorofil pada panjang gelombang 663 nm, A 645 adalah nilai absorbansi klorofil pada panjang gelombang 645 nm, v adalah volume pelarut yang digunakan untuk ekstraksi dan w adalah berat daun sawi hijau yang diekstraksi. Hasil perhitungan klorofil-a disajikan dalam tabel di bawah ini :

Tabel 3.1 Data Klorofil-a

Perlakuan			klorofil-a		
			ulangan1	ulangan 2	ulangan 3
Kontrol					
1 jam	Biru	20 lux			
		30 lux			
		40 lux			
		50 lux			
	Merah	20 lux			
		30 lux			
		40 lux			
		50 lux			
	Putih	20 lux			
		30 lux			
		40 lux			
		50 lux			
2 jam	Biru	20 lux			
		30 lux			
		40 lux			
		50 lux			
	Merah	20 lux			
		30 lux			
		40 lux			
		50 lux			
	Putih	20 lux			
		30 lux			
		40 lux			
		50 lux			
3 jam	Biru	20 lux			
		30 lux			
		40 lux			
		50 lux			
	Merah	20 lux			

		30 lux			
		40 lux			
		50 lux			
	Putih	20 lux			
		30 lux			
		40 lux			
		50 lux			

3.6.2 Klorofil-b

Nilai absorbansi klorofil yang sudah diperoleh dimasukkan kedalam persamaan sebagai berikut :

$$\text{Klorofil-b} = [22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663}] \times \frac{v}{1000 \times w} \quad (\text{mg/g})$$

Dimana A 663 adalah nilai absorbansi klorofil pada panjang gelombang 663 nm, A 645 adalah nilai absorbansi klorofil pada panjang gelombang 645 nm, v adalah volume pelarut yang digunakan untuk ekstraksi dan w adalah berat daun sawi hijau yang diekstraksi. Hasil perhitungan klorofil-b disajikan dalam tabel di bawah ini :

Tabel 3.2 Data Klorofil-b

Perlakuan			klorofil-b		
			ulangan1	ulangan 2	ulangan 3
Kontrol					
1 jam	Biru	20 lux			
		30 lux			
		40 lux			
		50 lux			
	Merah	20 lux			
		30 lux			
		40 lux			
		50 lux			
	Putih	20 lux			
		30 lux			
		40 lux			
		50 lux			
2 jam	Biru	20 lux			
		30 lux			

		40 lux			
		50 lux			
	Merah	20 lux			
		30 lux			
		40 lux			
		50 lux			
	Putih	20 lux			
		30 lux			
		40 lux			
		50 lux			
3 jam	Biru	20 lux			
		30 lux			
		40 lux			
		50 lux			
	Merah	20 lux			
		30 lux			
		40 lux			
		50 lux			
	Putih	20 lux			
		30 lux			
		40 lux			
		50 lux			

3.6.3 Klorofil total

Nilai absorbansi klorofil yang sudah diperoleh dimasukkan kedalam persamaan sebagai berikut :

$$\text{Klorofil total} = [20,2 \times A_{645} + 8,02 \times A_{663}] \times \frac{v}{1000 \times w} \quad (\text{mg/g})$$

Dimana A_{663} adalah nilai absorbansi klorofil pada panjang gelombang 663 nm, A_{645} adalah nilai absorbansi klorofil pada panjang gelombang 645 nm, v adalah volume pelarut yang digunakan untuk ekstraksi dan w adalah berat daun sawi hijau yang diekstraksi. Hasil perhitungan klorofil total disajikan dalam tabel di bawah ini :

Tabel 3.3 Data Klorofil Total

Perlakuan			Klorofil total		
			ulangan1	ulangan 2	ulangan 3
Kontrol					
1 jam	Biru	20 lux			
		30 lux			
		40 lux			
		50 lux			
	merah	20 lux			
		30 lux			
		40 lux			
		50 lux			
	Putih	20 lux			
		30 lux			
		40 lux			
		50 lux			
2 jam	Biru	20 lux			
		30 lux			
		40 lux			
		50 lux			
	merah	20 lux			
		30 lux			
		40 lux			
		50 lux			
	Putih	20 lux			
		30 lux			
		40 lux			
		50 lux			
3 jam	Biru	20 lux			
		30 lux			
		40 lux			
		50 lux			
	merah	20 lux			
		30 lux			
		40 lux			
		50 lux			
	Putih	20 lux			
		30 lux			
		40 lux			
		50 lux			

3.7 Teknik Analisis Data

Data klorofil-a, klorofil-b, dan klorofil total yang diperoleh dianalisis menggunakan uji ANOVA dan uji Duncan untuk mengetahui pengaruh perlakuan cahaya LED.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Pengaruh Warna Cahaya LED terhadap Klorofil Sawi Hijau

1. Klorofil-a

Data hasil perlakuan warna, intensitas, dan waktu penyinaran LED terhadap klorofil-a sawi hijau disajikan didalam tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Klorofil-a

Perlakuan			klorofil-a		
			ulangan 1	ulangan 2	ulangan 3
Kontrol			0.575	0.566	0.580
1 jam	Biru	20 lux	0.574	0.585	0.577
		30 lux	0.577	0.586	0.581
		40 lux	0.583	0.582	0.583
		50 lux	0.577	0.581	0.583
	Merah	20 lux	0.573	0.577	0.574
		30 lux	0.579	0.583	0.585
		40 lux	0.584	0.585	0.579
		50 lux	0.574	0.582	0.572
	Putih	20 lux	0.576	0.576	0.577
		30 lux	0.579	0.583	0.576
		40 lux	0.578	0.578	0.576
		50 lux	0.574	0.576	0.578
2 jam	Biru	20 lux	0.585	0.587	0.592
		30 lux	0.589	0.586	0.597
		40 lux	0.592	0.590	0.592
		50 lux	0.586	0.587	0.585
	Merah	20 lux	0.588	0.586	0.587
		30 lux	0.591	0.587	0.589
		40 lux	0.583	0.587	0.585
		50 lux	0.576	0.589	0.584
	Putih	20 lux	0.581	0.585	0.581
		30 lux	0.580	0.588	0.582
		40 lux	0.593	0.591	0.580
		50 lux	0.586	0.585	0.590
3 jam	Biru	20 lux	0.590	0.590	0.582
		30 lux	0.587	0.595	0.594

		40 lux	0.587	0.592	0.596
		50 lux	0.583	0.588	0.591
	Merah	20 lux	0.571	0.592	0.584
		30 lux	0.584	0.583	0.588
		40 lux	0.596	0.586	0.583
		50 lux	0.573	0.587	0.587
	Putih	20 lux	0.582	0.583	0.580
		30 lux	0.587	0.582	0.580
		40 lux	0.585	0.579	0.592
		50 lux	0.585	0.584	0.583

Untuk mempermudah analisis hasil perlakuan warna LED terhadap klorofil-a maka dihitung nilai rata-rata menggunakan aplikasi spss kemudian diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.2.

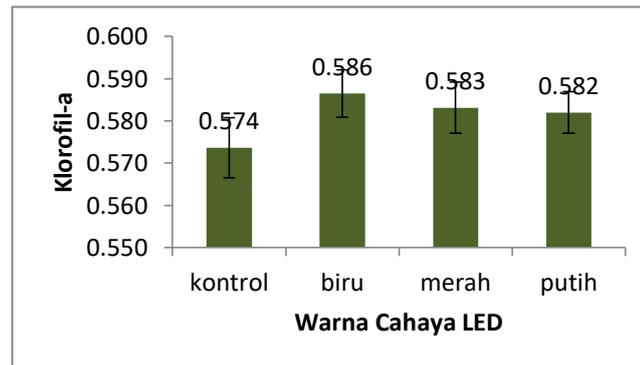
Tabel 4.2 Rata-rata Klorofil-a pada Perlakuan Warna LED

Warna LED	Rata-rata klorofil-a (mg/g)
Kontrol	0,574 ± 0,007
Biru	0,586 ± 0,006
Merah	0,583 ± 0,006
Putih	0,582 ± 0,005

Hasil penelitian menunjukkan pemberian perlakuan warna LED dapat meningkatkan klorofil-a sawi hijau seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.2 bahwa tanaman kontrol memiliki rata-rata klorofil-a lebih rendah daripada tanaman dengan perlakuan cahaya LED. Pada tabel menunjukkan bahwa nilai standar deviasi lebih kecil dari nilai rata-rata, hal ini menunjukkan bahwa data klorofil-a yang diperoleh bersifat homogen.

Grafik pada gambar 4.1 juga menunjukkan tanaman kontrol memiliki klorofil-a yang lebih rendah dibandingkan dengan tanaman sawi hijau yang diberi perlakuan cahaya LED. Rata rata klorofil-a paling banyak diperoleh ketika disinari dengan cahaya biru yaitu 0,586 mg/g, ketika disinari cahaya merah juga mengalami kenaikan meskipun tidak sebanyak ketika disinari cahaya biru yaitu

diperoleh 0,583 mg/g dan terendah ketika disinari dengan cahaya putih yaitu 0,582 mg/g. Pada grafik menunjukkan cahaya biru dan merah lebih efektif dalam meningkatkan klorofil-a sawi hijau dibandingkan dengan cahaya putih, sesuai dengan teori bahwa klorofil-a banyak menyerap cahaya biru dan merah (Zulfiana, dkk., 2020).



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Warna LED terhadap Klorofil-a

Untuk mengetahui signifikansi pengaruh perlakuan cahaya LED terhadap klorofil-a sawi hijau maka data diuji menggunakan anova tiga jalan. Apabila hasil uji signifikan ($\text{sig} < 0,05$) maka dilanjutkan dengan uji duncan. Hasil anova tiga jalan ditunjukkan pada gambar 4.2.

Dependent Variable: klorofil a

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	37.805 ^a	39	.969	51741.984	.000
waktu	.001	2	.001	34.672	.000
warna	.000	2	.000	10.341	.000
intensitas	.000	3	9.642E-5	5.147	.003
waktu * warna * intensitas	.000	28	1.040E-5	.555	.958
kelompok	.000	2	5.323E-5	2.841	.065
Error	.001	72	1.873E-5		
Total	37.806	111			

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

Gambar 4.2 Hasil Anova Pengaruh Perlakuan LED terhadap Klorofil-a

Hasil uji anova tiga jalan data klorofil-a menunjukkan nilai signifikansi warna $< 0,05$ artinya perlakuan warna berpengaruh signifikan terhadap klorofil-a sawi hijau, maka dilanjutkan dengan uji duncan untuk mengetahui perlakuan warna LED yang paling optimal. Hasil uji duncan pengaruh warna LED terhadap klorofil-a disajikan dalam tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Uji Duncan Pengaruh Warna LED terhadap Klorofil-a

Warna Cahaya	Klorofil-a	Notasi
Kontrol	0,574	A
Putih	0,582	B
Merah	0,583	BC
Biru	0,586	C

Hasil uji duncan menunjukkan perlakuan warna LED terhadap klorofil-a berbeda nyata dengan tanaman kontrol dan perlakuan cahaya biru berbeda nyata dengan perlakuan cahaya putih dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan cahaya merah akan tetapi pada perlakuan cahaya biru diperoleh rata-rata klorofil-a tertinggi yaitu 0,586 mg/g. Hal ini menunjukkan bahwa cahaya biru lebih efektif dalam pembentukan klorofil-a dibandingkan dengan cahaya merah dan putih. Klorofil-a paling banyak menyerap cahaya pada panjang gelombang 400-490 nm dan 620-680 nm (Zulfiana, dkk., 2020), dimana pada kisaran tersebut merupakan panjang gelombang untuk cahaya biru dan merah akan tetapi dalam penelitian ini cahaya biru lebih berpengaruh dalam pembentukan klorofil-a dibandingkan dengan cahaya merah. Menurut Fan, dkk., (2013) Cahaya biru dapat meningkatkan MgCH, GluTR dan FeCH sedangkan cahaya merah dapat mengurangi tetrapyrrol dimana senyawa-senyawa tersebut berperan dalam sintesis klorofil sehingga cahaya biru lebih efektif dalam pembentukan klorofil-a karna dapat meningkatkan proses sintesis klorofil.

2. Klorofil-b

Data hasil perlakuan warna, intensitas, dan waktu penyinaran LED terhadap klorofil-b sawi hijau disajikan didalam tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Klorofil-b

Perlakuan			klorofil-b		
			ulangan1	ulangan 2	ulangan 3
Kontrol			0.656	0.685	0.643
1 jam	Biru	20 lux	0.724	0.684	0.686
		30 lux	0.718	0.686	0.729
		40 lux	0.703	0.698	0.705
		50 lux	0.744	0.727	0.704
	Merah	20 lux	0.731	0.705	0.722
		30 lux	0.702	0.711	0.715
		40 lux	0.706	0.695	0.724
		50 lux	0.719	0.705	0.752
	Putih	20 lux	0.707	0.706	0.708
		30 lux	0.706	0.674	0.715
		40 lux	0.710	0.717	0.716
		50 lux	0.724	0.690	0.689
2 jam	Biru	20 lux	0.670	0.676	0.674
		30 lux	0.697	0.688	0.650
		40 lux	0.674	0.692	0.684
		50 lux	0.685	0.679	0.681
	Merah	20 lux	0.666	0.678	0.664
		30 lux	0.660	0.672	0.698
		40 lux	0.791	0.719	0.723
		50 lux	0.705	0.665	0.682
	Putih	20 lux	0.677	0.668	0.668
		30 lux	0.686	0.680	0.671
		40 lux	0.668	0.680	0.696
		50 lux	0.677	0.663	0.683
3 jam	Biru	20 lux	0.668	0.662	0.691
		30 lux	0.693	0.662	0.670
		40 lux	0.691	0.668	0.672
		50 lux	0.683	0.685	0.667
	Merah	20 lux	0.685	0.650	0.666
		30 lux	0.679	0.717	0.722
		40 lux	0.602	0.659	0.726
		50 lux	0.755	0.681	0.707
	Putih	20 lux	0.667	0.679	0.669
		30 lux	0.666	0.688	0.672

	40 lux	0.682	0.683	0.662
	50 lux	0.664	0.686	0.680

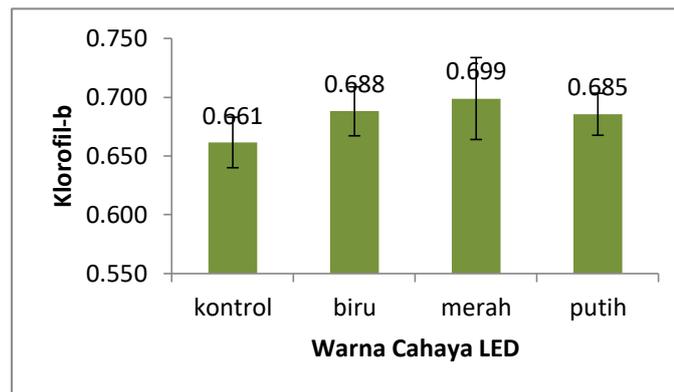
Untuk mempermudah analisis hasil perlakuan warna LED terhadap klorofil-b maka dihitung nilai rata-rata menggunakan aplikasi spss kemudian diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Rata-rata Klorofil-b pada Perlakuan Warna LED

Warna LED	Rata-rata klorofil-b (mg/g)
Kontrol	0,661 ± 0,022
Biru	0,688 ± 0,021
Merah	0,699 ± 0,035
Putih	0,685 ± 0,018

Hasil penelitian menunjukkan pemberian perlakuan warna LED dapat meningkatkan klorofil-b sawi hijau seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.5 bahwa tanaman kontrol memiliki rata-rata klorofil-b lebih rendah daripada tanaman dengan perlakuan cahaya LED. Pada tabel menunjukkan bahwa nilai standar deviasi lebih kecil dari nilai rata-rata, hal ini menunjukkan bahwa data klorofil-b yang diperoleh bersifat homogen.

Grafik pada gambar 4.3 juga menunjukkan tanaman kontrol memiliki klorofil-b yang lebih rendah dibandingkan dengan tanaman sawi hijau yang diberi perlakuan cahaya LED. Rata rata klorofil-b tertinggi diperoleh ketika disinari dengan cahaya merah yaitu 0,699 mg/g, ketika disinari cahaya biru juga diperoleh klorofil-b yang cukup tinggi yaitu 0,688 mg/g meskipun tidak setinggi ketika disinari cahaya merah dan terendah ketika disinari dengan cahaya putih yaitu 0,685 mg/g. Pada grafik menunjukkan cahaya merah dan biru lebih efektif meningkatkan klorofil-b daripada cahaya putih sesuai dengan teori bahwa cahaya biru dan merah banyak diserap oleh klorofil-b (Zulfiana, dkk., 2020).



Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Warna LED terhadap klorofil-b

Untuk mengetahui signifikansi pengaruh perlakuan cahaya LED terhadap klorofil-b sawi hijau maka data diuji menggunakan anova tiga jalan. Apabila hasil uji signifikan ($\text{sig} < 0,05$) maka dilanjutkan dengan uji duncan. Hasil anova tiga jalan ditunjukkan pada gambar 4.4.

Dependent Variable: klorofil b

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	52.894 ^a	39	1.356	3467.915	.000
waktu	.020	2	.010	25.544	.000
warna	.004	2	.002	4.644	.013
intensitas	.002	3	.001	2.107	.107
waktu * warna * intensitas	.018	28	.001	1.601	.057
kelompok	.001	2	.001	1.498	.231
Error	.028	72	.000		
Total	52.923	111			

a. R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .999)

Gambar 4.4 Hasil Anova Pengaruh Perlakuan LED terhadap Klorofil-b

Hasil uji anova tiga jalan data klorofil-b menunjukkan nilai signifikansi warna $< 0,05$ artinya perlakuan warna berpengaruh signifikan terhadap klorofil-b sawi hijau, maka dilanjutkan dengan uji duncan untuk mengetahui perlakuan warna LED yang paling optimal. Hasil uji duncan pengaruh warna LED terhadap klorofil-b disajikan dalam tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Uji Duncan Pengaruh Warna LED terhadap Klorofil-b

Warna Cahaya	Klorofil-b	Notasi
Kontrol	0,661	A
Putih	0,685	B
Biru	0,688	B
Merah	0,699	B

Hasil uji duncan menunjukkan perlakuan warna LED terhadap klorofil-b berbeda nyata dengan tanaman kontrol sedangkan antara perlakuan warna cahaya putih, biru, dan merah tidak berbeda nyata, yang paling efektif dalam meningkatkan klorofil-b adalah LED warna merah yaitu diperoleh klorofil-b 0,699 mg/g. Dalam penelitian ini menunjukkan cahaya merah lebih efektif dalam pembentukan klorofil-b sawi hijau dibandingkan dengan cahaya biru dan putih. Menurut (Zulfiana, dkk., 2020) klorofil-b banyak menyerap cahaya pada panjang gelombang 400-490 nm dan 620 nm-680 nm dimana pada kisaran tersebut merupakan panjang gelombang untuk cahaya biru dan merah, akan tetapi dalam penelitian ini cahaya merah lebih berpengaruh dalam pembentukan klorofil-b dibandingkan dengan cahaya biru. Hal ini menunjukkan cahaya merah dapat diserap maksimal oleh klorofil-b sawi hijau karena setiap tanaman memiliki kandungan pigmen yang berbeda dan pigmen yang berbeda akan menyerap cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda (Handoko dan Fajariyanti, 2010). Cahaya merah yang diserap dapat menghasilkan energi dalam fotosistem 1 dan fotosistem 2 sehingga proses fotosintesis berjalan optimal dan klorofil-b yang dihasilkan juga semakin banyak.

3. Klorofil total

Data hasil perlakuan warna LED terhadap klorofil total sawi hijau disajikan didalam tabel 4.7.

Tabel 4.7 Data Klorofil Total

Perlakuan			klorofil total			
			ulangan1	ulangan 2	ulangan 3	
Kontrol			1.231	1.251	1.222	
1 jam	biru	20 lux	1.297	1.269	1.263	
		30 lux	1.295	1.271	1.309	
		40 lux	1.307	1.280	1.287	
		50 lux	1.320	1.307	1.286	
		20 lux	1.304	1.281	1.295	
	merah	30 lux	1.280	1.294	1.300	
		40 lux	1.289	1.279	1.303	
		50 lux	1.293	1.286	1.324	
		putih	20 lux	1.283	1.284	1.267
			30 lux	1.285	1.257	1.291
	40 lux		1.288	1.294	1.291	
	2 jam	biru	50 lux	1.298	1.265	1.267
			20 lux	1.255	1.263	1.266
			30 lux	1.285	1.273	1.247
			40 lux	1.265	1.282	1.276
50 lux			1.270	1.265	1.266	
merah		20 lux	1.254	1.264	1.251	
		30 lux	1.251	1.259	1.286	
		40 lux	1.374	1.306	1.308	
		50 lux	1.280	1.253	1.266	
		putih	20 lux	1.257	1.253	1.249
30 lux			1.266	1.268	1.253	
40 lux			1.261	1.270	1.276	
50 lux			1.262	1.248	1.273	
3 jam			biru	20 lux	1.257	1.252
		30 lux		1.279	1.256	1.263
	40 lux	1.278		1.260	1.267	
	50 lux	1.266		1.272	1.257	
	merah	20 lux		1.256	1.242	1.250
		30 lux	1.262	1.299	1.309	
		40 lux	1.197	1.245	1.308	
		50 lux	1.337	1.267	1.293	
		putih	20 lux	1.249	1.262	1.249
	30 lux		1.253	1.269	1.252	
	40 lux		1.267	1.261	1.254	
	50 lux		1.249	1.270	1.263	

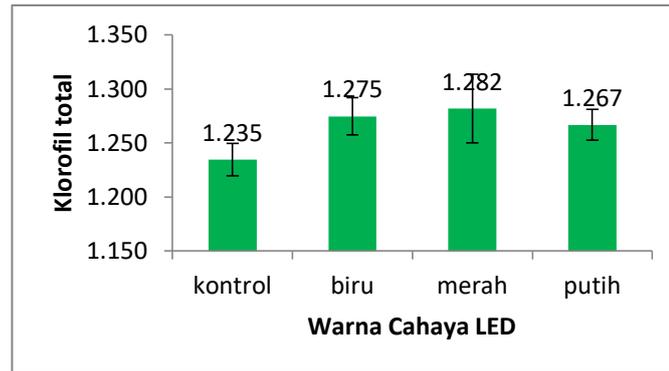
Untuk mempermudah analisis hasil perlakuan warna LED terhadap klorofil total sawi hijau maka dihitung nilai rata-rata menggunakan aplikasi spss kemudian diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Rata-rata Klorofil Total pada Perlakuan Warna LED

Warna LED	Rata-rata klorofil total (mg/g)
Kontrol	1,235 ± 0,015
Biru	1,275 ± 0,017
Merah	1,282 ± 0,032
Putih	1,267 ± 0,014

Hasil penelitian menunjukkan pemberian perlakuan warna LED dapat meningkatkan klorofil total sawi hijau seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.8 bahwa tanaman kontrol memiliki rata-rata klorofil total lebih rendah daripada tanaman dengan perlakuan cahaya LED. Pada tabel menunjukkan bahwa nilai standar deviasi lebih kecil dari nilai rata-rata, hal ini menunjukkan bahwa data klorofil total yang diperoleh bersifat homogen.

Grafik pada gambar 4.5 juga menunjukkan tanaman kontrol memiliki klorofil total yang lebih rendah dibandingkan dengan tanaman sawi hijau yang diberi perlakuan cahaya LED. Rata rata klorofil total tertinggi diperoleh ketika disinari dengan cahaya merah yaitu 1,282 mg/g, ketika disinari cahaya biru juga diperoleh klorofil total yang cukup tinggi yaitu 1,275 mg/g dan terendah ketika disinari dengan cahaya putih yaitu 1,267 mg/g. Pada grafik menunjukkan bahwa cahaya biru dan merah efektif dalam meningkatkan klorofil total sawi hijau daripada cahaya putih, hal ini sesuai dengan teori bahwa klorofil-a dan klorofil-b banyak menyerap cahaya biru dan merah, dimana didalam klorofil total itu tersusun atas klorofil-a dan klorofil-b (Zulfiana, dkk., 2020).



Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Warna LED terhadap Klorofil Total

Untuk mengetahui signifikansi pengaruh perlakuan cahaya LED terhadap klorofil total sawi hijau maka data diuji menggunakan anova tiga jalan. Apabila hasil uji signifikan ($\text{sig} < 0,05$) maka dilanjutkan dengan uji duncan. Hasil anova tiga jalan ditunjukkan pada gambar 4.6.

Dependent Variable: klorofil total

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	180.018 ^a	39	4.616	14807.190	.000
waktu	.011	2	.006	17.882	.000
warna	.004	2	.002	6.526	.002
intensitas	.004	3	.001	4.072	.010
waktu * warna * intensitas	.015	28	.001	1.761	.029
kelompok	.001	2	.000	1.247	.293
Error	.022	72	.000		
Total	180.040	111			

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

Gambar 4.6 Hasil Anova Pengaruh Perlakuan LED terhadap Klorofil Total

Hasil uji anova tiga jalan data klorofil total menunjukkan nilai signifikansi warna $< 0,05$ artinya perlakuan warna berpengaruh signifikan terhadap klorofil total sawi hijau, maka dilanjutkan dengan uji duncan untuk mengetahui perlakuan warna LED yang paling optimal. Hasil uji duncan pengaruh warna LED terhadap klorofil total disajikan dalam tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil Uji Duncan Pengaruh Warna LED terhadap Klorofil Total

Warna Cahaya	Klorofil total	Notasi
Kontrol	1,235	A
Putih	1,267	B
Biru	1,275	B
Merah	1,282	B

Hasil uji Duncan menunjukkan perlakuan warna LED terhadap klorofil total berbeda nyata dengan tanaman kontrol sedangkan antara perlakuan cahaya putih, biru, dan merah tidak berbeda nyata, yang paling efektif dalam meningkatkan klorofil total sawi hijau adalah LED warna merah yaitu diperoleh klorofil total 1,282 mg/g. Dalam penelitian ini menunjukkan cahaya merah lebih efektif dalam pembentukan klorofil total sawi hijau dibandingkan dengan cahaya biru dan putih. Di dalam klorofil total terdapat klorofil-a dan klorofil-b dimana klorofil-a dan klorofil-b banyak menyerap cahaya pada panjang gelombang 400-490 nm dan 620 nm-680 nm dimana pada kisaran tersebut merupakan panjang gelombang untuk cahaya biru dan merah (Zulfiana, dkk., 2020). Dalam penelitian ini menunjukkan klorofil-b lebih banyak ketika disinari cahaya merah dan klorofil-a lebih banyak ketika disinari cahaya biru akan tetapi klorofil-a juga menyerap cahaya merah dengan baik oleh karena itu klorofil total lebih banyak ketika disinari dengan cahaya merah.

4.1.2 Pengaruh Intensitas Cahaya LED terhadap Klorofil Sawi Hijau

1. Klorofil-a

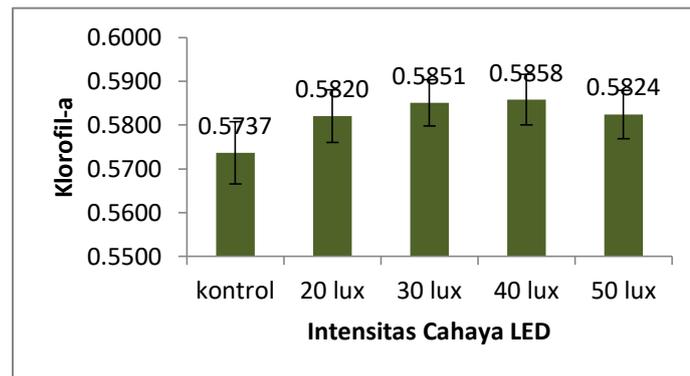
Data hasil perlakuan intensitas cahaya LED terhadap klorofil-a sawi hijau sebelumnya sudah ditunjukkan pada tabel 4.1 kemudian dihitung nilai rata-rata menggunakan aplikasi spss untuk mempermudah analisis data pengaruh intensitas LED terhadap klorofil-a seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Rata-rata Klorofil-a pada Perlakuan Intensitas Cahaya LED

Intensitas LED	Rata-rata klorofil-a (mg/g)
Kontrol	$0,5737 \pm 0,0071$
20 lux	$0,5820 \pm 0,0060$
30 lux	$0,5851 \pm 0,0053$
40 lux	$0,5858 \pm 0,0057$
50 lux	$0,5824 \pm 0,0055$

Hasil penelitian menunjukkan pemberian perlakuan intensitas cahaya LED dapat meningkatkan klorofil-a sawi hijau seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.10 bahwa tanaman kontrol memiliki rata-rata klorofil-a lebih rendah daripada tanaman dengan perlakuan intensitas cahaya LED. Pada tabel menunjukkan bahwa nilai standar deviasi lebih kecil dari nilai rata-rata, hal ini menunjukkan bahwa data klorofil-a yang diperoleh bersifat homogen.

Grafik pada gambar 4.7 juga menunjukkan tanaman kontrol memiliki klorofil-a yang lebih rendah dibandingkan dengan tanaman sawi hijau yang diberi perlakuan cahaya LED. Rata rata klorofil-a tertinggi diperoleh ketika disinari dengan intensitas 40 lux yaitu 0,5858 mg/g dan terendah ketika disinari dengan intensitas 20 lux yaitu 0,5820 mg/g. Pada grafik menunjukkan pada intensitas 20 lux klorofil-a mengalami kenaikan, pada intensitas 30 lux semakin naik dan puncaknya pada intensitas 40 lux ketika pada intensitas 50 lux klorofil-a menurun. Pada grafik menunjukkan bahwa intensitas 30 lux sampai 40 lux efektif dalam meningkatkan klorofil-a. Berdasarkan teori bahwa intensitas cahaya yang terlalu tinggi akan menurunkan klorofil, demikian juga intensitas cahaya yang terlalu rendah akan menghambat pembentukan klorofil sehingga jumlah klorofil menurun (Suyanto, dkk., 2011).



Gambar 4.7 Grafik Pengaruh Intensitas LED terhadap Klorofil-a

Untuk mengetahui signifikansi pengaruh perlakuan intensitas LED terhadap klorofil-a sawi hijau maka data diuji menggunakan anova tiga jalan. Hasil anova pada gambar 4.2 menunjukkan nilai signifikansi intensitas terhadap klorofil-a lebih kecil dari 0,05 artinya intensitas LED berpengaruh signifikan terhadap klorofil-a. Kemudian dilakukan uji lanjut duncan untuk mengetahui intensitas yang optimal seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil Uji Duncan Pengaruh Intensitas Cahaya LED terhadap Klorofil-a

Intensitas LED	Klorofil-a	Notasi
Kontrol	0,5737	A
20 lux	0,5820	B
50 lux	0,5824	B
30 lux	0,5851	B
40 lux	0,5858	B

Berdasarkan hasil uji lanjut duncan pada tabel 4.11 perlakuan intensitas cahaya LED terhadap klorofil-a berbeda nyata dengan tanaman kontrol, sedangkan antara perlakuan intensitas 20 lux, 30 lux, 40 lux, dan 50 lux tidak berbeda nyata hanya terdapat sedikit selisih jumlah klorofil yang diperoleh, yang paling efektif meningkatkan klorofil-a sawi hijau adalah intensitas 40 lux yaitu diperoleh klorofil-a 0,5858 mg/g. Dalam penelitian ini menunjukkan intensitas

40 lux lebih efektif dalam pembentukan klorofil-a sawi hijau dibandingkan dengan intensitas 20 lux, 30 lux, dan 50 lux. Berdasarkan hasil penelitian pada intensitas 20-40 lux klorofil-a mengalami kenaikan dan pada intensitas 50 lux klorofil-a mengalami penurunan, hal ini menunjukkan intensitas 50 lux melebihi batas maksimum energi yang diperlukan untuk fotosintesis, maka klorofil-a akan mengalami penurunan karena cahaya dengan intensitas cahaya yang tinggi akan merusak klorofil dan menghambat proses fotosintesis demikian juga dengan intensitas cahaya yang terlalu rendah akan membatasi proses fotosintesis dan klorofil-a yang terbentuk akan berkurang (Sayekti, dkk., 2017).

2. Klorofil-b

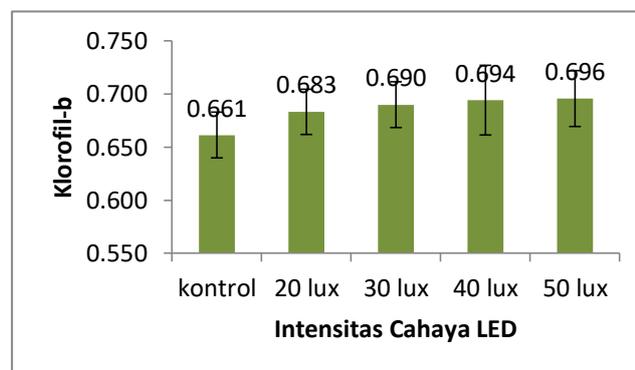
Data hasil perlakuan intensitas cahaya LED terhadap klorofil-b sawi hijau sudah ditunjukkan pada tabel 4.4 kemudian dihitung nilai rata-rata menggunakan aplikasi spss untuk mempermudah analisis data pengaruh intensitas LED terhadap klorofil-b seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.12.

Tabel 4.12 Rata-rata Klorofil-b pada Perlakuan Intensitas Cahaya LED

Intensitas LED	Rata-rata klorofil-b (mg/g)
Kontrol	0,661 ± 0,022
20 lux	0,683 ± 0,021
30 lux	0,690 ± 0,022
40 lux	0,694 ± 0,033
50 lux	0,696 ± 0,026

Hasil penelitian menunjukkan pemberian perlakuan intensitas cahaya LED dapat meningkatkan klorofil-b sawi hijau seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.12 bahwa tanaman kontrol memiliki rata-rata klorofil-b lebih rendah daripada tanaman dengan perlakuan intensitas cahaya LED. Pada tabel menunjukkan bahwa nilai standar deviasi lebih kecil dari nilai rata-rata, hal ini menunjukkan bahwa data klorofil-b yang diperoleh bersifat homogen.

Grafik pada gambar 4.8 juga menunjukkan tanaman kontrol memiliki klorofil-b yang lebih rendah dibandingkan dengan tanaman sawi hijau yang diberi perlakuan cahaya LED. Rata rata klorofil-b tertinggi diperoleh ketika disinari dengan intensitas 50 lux yaitu 0,696 mg/g dan terendah ketika disinari dengan intensitas 20 lux yaitu 0,683 mg/g. Pada grafik menunjukkan klorofil-b mengalami peningkatan ketika disinari dengan intensitas 20 lux dan semakin meningkat pada intensitas 30 lux dan semakin meningkat lagi pada intensitas 40 lux dan puncaknya pada intensitas 50 lux. Pada grafik menunjukkan bahwa intensitas 40 sampai 50 lux efektif meningkatkan klorofil-b sawi hijau, berbeda dengan klorofil-a yang memperoleh klorofil paling banyak pada intensitas 40 lux, hal ini karena setiap pigmen pada tumbuhan memiliki respon yang berbeda terhadap cahaya.



Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Intensitas LED terhadap Klorofil-b

Setelah itu dilakukan uji anova untuk mengetahui signifikansi intensitas LED terhadap klorofil-b. Hasil uji anova pada gambar 4.4 menunjukkan nilai signifikansi intensitas LED adalah 0,107 berarti $\text{sig} > 0,05$ artinya intensitas cahaya LED berpengaruh tidak signifikan terhadap klorofil-b sawi hijau. Hal ini diduga karena rentang intensitas LED terlalu dekat dan adanya faktor luar yang

mempengaruhi sehingga hasilnya tidak signifikan, karena hasilnya tidak signifikan maka tidak perlu dilakukan uji lanjut.

Tanaman sawi hijau dengan perlakuan intensitas cahaya LED memiliki kandungan klorofil-b lebih banyak dibandingkan dengan tanaman kontrol. Rata-rata klorofil-a tertinggi diperoleh ketika disinari dengan intensitas 50 lux. Dalam penelitian ini menunjukkan klorofil-b semakin meningkat pada intensitas 50 lux. Menurut Suyanto, dkk., (2011) semakin tinggi intensitas cahaya maka semakin banyak energi yang diterima sehingga laju fotosintesis meningkat akan tetapi intensitas yang terlalu tinggi menyebabkan laju fotosintesis menurun, hal ini menunjukkan pada intensitas 50 lux belum melebihi batas maksimum energi yang diperlukan untuk fotosintesis dalam membentuk klorofil-b sehingga klorofil-b masih mengalami peningkatan.

3. Klorofil total

Data hasil perlakuan intensitas cahaya LED terhadap klorofil total sawi hijau sudah ditunjukkan pada tabel 4.7 kemudian dihitung nilai rata-rata menggunakan aplikasi spss untuk mempermudah analisis data pengaruh intensitas LED terhadap klorofil total seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.13.

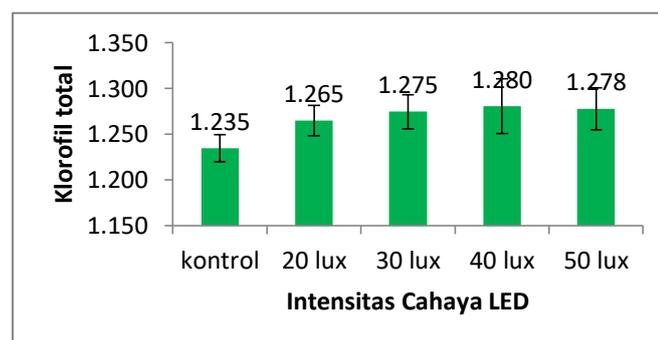
Tabel 4.13 Rata-rata Klorofil Total pada Perlakuan Intensitas Cahaya LED

Intensitas LED	Rata-rata klorofil total (mg/g)
Kontrol	1,235 ± 0,015
20 lux	1,265 ± 0,016
30 lux	1,275 ± 0,019
40 lux	1,280 ± 0,030
50 lux	1,278 ± 0,023

Hasil penelitian menunjukkan pemberian perlakuan intensitas cahaya LED dapat meningkatkan klorofil total sawi hijau seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.13 bahwa tanaman kontrol memiliki rata-rata klorofil total lebih rendah

daripada tanaman dengan perlakuan intensitas cahaya LED. Pada tabel menunjukkan bahwa nilai standar deviasi lebih kecil dari nilai rata-rata, hal ini menunjukkan bahwa data klorofil total yang diperoleh bersifat homogen.

Grafik pada gambar 4.9 juga menunjukkan tanaman kontrol memiliki klorofil total yang lebih rendah dibandingkan dengan tanaman sawi hijau yang diberi perlakuan cahaya LED. Rata rata klorofil total tertinggi diperoleh ketika disinari dengan intensitas 40 lux yaitu 1,280 mg/g dan terendah ketika disinari dengan intensitas 20 lux yaitu 1,265 mg/g. Gambar 4.9 menunjukkan setelah disinari dengan intensitas 20 lux klorofil total sawi hijau meningkat, setelah disinari dengan intensitas 30 lux klorofil total semakin meningkat dan puncaknya pada intensitas 40 lux dan setelah disinari dengan intensitas 50 lux klorofil total menurun, menunjukkan bahwa pada intensitas 30 lux sampai 40 lux sawi hijau memperoleh energi yang cukup untuk membentuk klorofil, sedangkan pada intensitas 50 lux sawi hijau memperoleh energi yang berlebihan untuk membentuk klorofil sehingga energi yang diperoleh bersifat merusak dan klorofil yang dihasilkan menurun.



Gambar 4.9 Grafik Pengaruh Intensitas LED terhadap Klorofil Total

Kemudian dilakukan uji anova tiga jalan untuk mengetahui pengaruh intensitas cahaya LED terhadap klorofil total sawi hijau. Hasil uji anova pada

gambar 4.6 menunjukkan nilai signifikansi intensitas LED adalah 0,010 berarti $\text{sig} < 0,05$ artinya intensitas cahaya LED berpengaruh signifikan terhadap klorofil total sawi hijau. Kemudian dilakukan uji lanjut duncan untuk mengetahui intensitas LED yang paling optimal seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.14.

Tabel 4.14 Hasil Uji Duncan Pengaruh Intensitas Cahaya LED terhadap Klorofil Total

Intensitas LED	Klorofil total	Notasi
Kontrol	1,235	A
20 lux	1,265	B
30 lux	1,275	B
50 lux	1,278	B
40 lux	1,280	B

Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan pada tabel 4.14 menunjukkan perlakuan intensitas cahaya LED terhadap klorofil total berbeda nyata dengan tanamana kontrol sedangkan antara perlakuan intensitas 20 lux, 30 lux, 40 lux, dan 50 lux tidak berbeda nyata hanya terdapat sedikit selisih jumlah klorofil yang diperoleh, yang paling efektif meningkatkan klorofil total sawi hijau adalah intensitas 40 lux yaitu diperoleh klorofil total 1,280 mg/g. Dalam penelitian ini menunjukkan intensitas 40 lux lebih efektif dalam pembentukan klorofil total sawi hijau dibandingkan dengan intensitas 20 lux, 30 lux, dan 50 lux. Di dalam klorofil total terdapat klorofil-a dan klorofil-b dimana berdasarkan hasil penelitian pada intensitas 20-40 lux klorofil-a mengalami kenaikan dan pada intensitas 50 lux klorofil-a mengalami penurunan. Sedangkan klorofil-b mengalami kenaikan sampai pada intensitas 50 lux akan tetapi dari intensitas 40 lux ke intensitas 50 lux klorofil-b mengalami kenaikan hanya sedikit oleh karena itu klorofil total diperoleh lebih banyak pada intensitas 40 lux.

4.1.3 Pengaruh Waktu Penyinaran LED terhadap Klorofil Sawi Hijau

1. Klorofil-a

Data hasil perlakuan waktu penyinaran LED terhadap klorofil-a sawi hijau sudah ditunjukkan pada tabel 4.1 kemudian dihitung nilai rata-rata menggunakan aplikasi spss untuk mempermudah analisis data pengaruh waktu penyinaran LED terhadap klorofil-a seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.15.

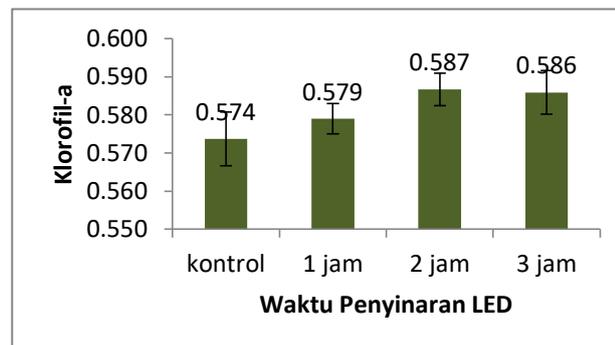
Tabel 4.15 Rata-rata Klorofil-a pada Perlakuan Waktu Penyinaran LED

Waktu penyinaran	Rata-rata klorofil-a (mg/g)
Kontrol	0,574 ± 0,007
1 jam	0,579 ± 0,004
2 jam	0,587 ± 0,004
3 jam	0,586 ± 0,006

Hasil penelitian menunjukkan pemberian perlakuan penyinaran cahaya LED dapat meningkatkan klorofil-a sawi hijau seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.15 bahwa tanaman kontrol memiliki rata-rata klorofil-a lebih rendah daripada tanaman dengan perlakuan penyinaran cahaya LED. Pada tabel menunjukkan bahwa nilai standar deviasi lebih kecil dari nilai rata-rata, hal ini menunjukkan bahwa data klorofil-a yang diperoleh bersifat homogen.

Grafik pada gambar 4.10 juga menunjukkan tanaman kontrol memiliki klorofil-a yang lebih rendah dibandingkan dengan tanaman sawi hijau yang diberi perlakuan cahaya LED. Rata rata klorofil-a tertinggi diperoleh ketika disinari LED selama 2 jam yaitu 0,587 mg/g dan terendah ketika disinari LED selama 1 jam yaitu 0,579 mg/g. Pada grafik menunjukkan setelah disinari LED selama 1 jam klorofil-a meningkat dan semakin meningkat ketika disinari LED selama 2 jam dan ketika disinari LED selama 3 jam klorofil-a menurun, hal ini menunjukkan pada penyinaran LED selama 1 jam sampai 2 jam sawi hijau

menerima energi yang cukup dalam membentuk klorofil-a, berdasarkan teori penyinaran yang terlalu lama akan membuat tanaman stress sehingga klorofil yang dihasilkan menurut Meas, dkk., (2020). Maka pada penyinaran LED selama 3 jam mengakibatkan klorofil-a menurun karena tanaman mengalami stress.



Gambar 4.10 Grafik Pengaruh Waktu Penyinaran LED terhadap Klorofil-a

Kemudian dilakukan uji anova tiga jalan untuk mengetahui pengaruh waktu penyinaran cahaya LED terhadap klorofil-a sawi hijau. Hasil uji anova pada gambar 4.2 menunjukkan nilai signifikansi waktu penyinaran cahaya LED adalah 0,00 berarti $\text{sig} < 0,05$ artinya waktu penyinaran cahaya LED berpengaruh signifikan terhadap klorofil-a sawi hijau. Kemudian dilakukan uji lanjut duncan untuk mengetahui waktu penyinaran LED yang paling optimal seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.16.

Tabel 4.16 Hasil Uji Duncan Pengaruh Waktu Penyinaran Cahaya LED terhadap Klorofil-a

Waktu penyinaran	Klorofil-a	Notasi
Kontrol	0,574	A
1 jam	0,579	B
3 jam	0,586	C
2 jam	0,587	C

Berdasarkan hasil uji lanjut duncan pada tabel 4.16 menunjukkan perlakuan waktu penyinaran cahaya LED terhadap klorofil-a berbeda nyata

dengan tanaman kontrol dan perlakuan penyinaran 1 jam berbeda nyata dengan perlakuan 2 jam dan 3 jam, yang paling efektif meningkatkan klorofil-a sawi hijau adalah pada penyinaran selama 2 jam yaitu diperoleh klorofil-a 0,587 mg/g. Dalam penelitian ini klorofil-a mengalami peningkatan pada penyinaran 1-2 jam dan pada penyinaran 3 jam klorofil-a mengalami penurunan. Menurut Meas, dkk., (2020) sintesis klorofil berjalan optimal apabila lama penyinaran juga pada tingkat optimal, penyinaran yang berlebihan akan membuat tanaman stress dan menghambat sintesis klorofil sehingga klorofil yang terbentuk juga berkurang. Hal ini menunjukkan bahwa penyinaran selama 2 jam merupakan waktu penyinaran yang optimal untuk pembentukan klorofil-a sawi hijau.

2. Klorofil-b

Data hasil perlakuan waktu penyinaran LED terhadap klorofil-b sawi hijau sudah ditunjukkan pada tabel 4.4 kemudian dihitung nilai rata-rata menggunakan aplikasi spss untuk mempermudah analisis data pengaruh intensitas LED terhadap klorofil-b seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.17.

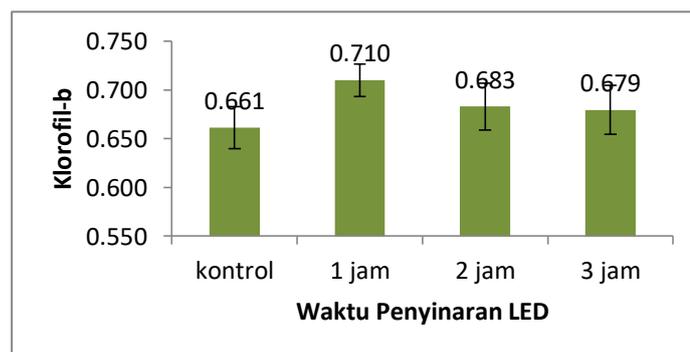
Tabel 4.17 Rata-rata Klorofil-b pada Perlakuan Waktu Penyinaran LED

Waktu penyinaran	Rata-rata klorofil-b (mg/g)
Kontrol	0,661 ± 0,022
1 jam	0,710 ± 0,017
2 jam	0,683 ± 0,024
3 jam	0,679 ± 0,025

Hasil penelitian menunjukkan pemberian perlakuan penyinaran cahaya LED dapat meningkatkan klorofil-b sawi hijau seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.17 bahwa tanaman kontrol memiliki rata-rata klorofil-b lebih rendah daripada tanaman dengan perlakuan penyinaran cahaya LED. Pada tabel

menunjukkan bahwa nilai standar deviasi lebih kecil dari nilai rata-rata, hal ini menunjukkan bahwa data klorofil-b yang diperoleh bersifat homogen.

Grafik pada gambar 4.11 juga menunjukkan tanaman kontrol memiliki klorofil-b yang lebih rendah dibandingkan dengan tanaman sawi hijau yang diberi perlakuan cahaya LED. Rata rata klorofil-b tertinggi diperoleh ketika disinari LED selama 1 jam yaitu 0,710 mg/g dan terendah ketika disinari LED selama 3 jam yaitu 0,679 mg/g. Pada grafik menunjukkan setelah disinari LED selama 1 jam klorofil-b meningkat dan menurun ketika disinari LED selama 2 jam dan ketika disinari LED selama 3 jam klorofil-b semakin menurun, hal ini menunjukkan pada penyinaran LED selama 1 jam sawi hijau menerima energi yang cukup dalam membentuk klorofil-b, berdasarkan teori penyinaran yang terlalu lama akan membuat tanaman stress sehingga klorofil yang dihasilkan menurun. Kemungkinan setelah disinari LED selama 2 jam dan 3 jam tanaman mengalami stress karena mengalami reaksi terang yang cukup panjang maka klorofil-b yang dihasilkan menurun.



Gambar 4.11 Grafik Pengaruh Waktu Penyinaran LED terhadap Klorofil-b

Kemudian dilakukan uji anova tiga jalan untuk mengetahui pengaruh waktu penyinaran cahaya LED terhadap klorofil-b sawi hijau. Hasil uji anova pada gambar 4.4 menunjukkan nilai signifikansi waktu penyinaran LED adalah

0,00 berarti $\text{sig} < 0,05$ artinya waktu penyinaran cahaya LED berpengaruh signifikan terhadap klorofil-b sawi hijau. Kemudian dilakukan uji lanjut duncan untuk mengetahui waktu penyinaran LED yang paling optimal seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.18.

Tabel 4.18 Hasil Uji Duncan Pengaruh Waktu Penyinaran Cahaya LED terhadap Klorofil-b

Waktu penyinaran	Klorofil-b	Notasi
Kontrol	0,661	A
3 jam	0,679	B
2 jam	0,683	B
1 jam	0,710	C

Berdasarkan hasil uji lanjut duncan pada tabel 4.18 perlakuan waktu penyinaran cahaya LED terhadap klorofil-b berbeda nyata dengan tanaman kontrol dan perlakuan penyinaran 1 jam berbeda nyata dengan perlakuan penyinaran 2 jam dan 3 jam, yang paling efektif meningkatkan klorofil-b sawi hijau adalah pada penyinaran selama 1 jam yaitu diperoleh klorofil-b 0,710 mg/g. Rata-rata klorofil-b tertinggi diperoleh ketika disinari LED selama 1 jam. Dalam penelitian ini klorofil-b mengalami penurunan setelah disinari selama 2 jam dan 3 jam. Menurut Meas, dkk., (2020) sintesis klorofil berjalan optimal apabila lama penyinaran juga pada tingkat optimal, penyinaran yang berlebihan akan membuat tanaman stress dan menghambat sintesis klorofil sehingga klorofil yang terbentuk juga berkurang. Hal ini menunjukkan bahwa penyinaran 1 jam merupakan waktu penyinaran yang optimal untuk pembentukan klorofil-b sawi hijau karena setiap pigmen memiliki respon yang berbeda terhadap cahaya.

3. Klorofil total

Data hasil perlakuan waktu penyinaran LED terhadap klorofil total sawi hijau sudah ditunjukkan pada tabel 4.7 kemudian dihitung nilai rata-rata

menggunakan aplikasi spss untuk mempermudah analisis data pengaruh waktu penyinaran LED terhadap klorofil total seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.19.

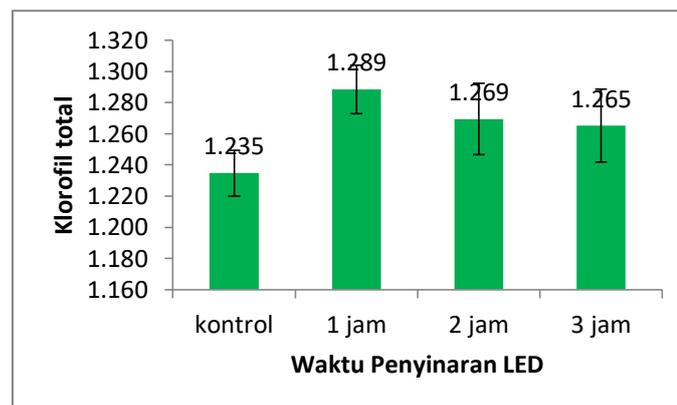
Tabel 4.19 Rata-rata Klorofil Total pada Perlakuan Waktu Penyinaran LED

Waktu penyinaran	Rata-rata klorofil total (mg/g)
Kontrol	1,235 ± 0,015
1 jam	1,289 ± 0,016
2 jam	1,269 ± 0,023
3 jam	1,265 ± 0,023

Hasil penelitian menunjukkan pemberian perlakuan penyinaran cahaya LED dapat meningkatkan klorofil total sawi hijau seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.19 bahwa tanaman kontrol memiliki rata-rata klorofil total lebih rendah daripada tanaman dengan perlakuan penyinaran cahaya LED. Pada tabel menunjukkan bahwa nilai standar deviasi lebih kecil dari nilai rata-rata, hal ini menunjukkan bahwa data klorofil total yang diperoleh bersifat homogen.

Grafik pada gambar 4.12 juga menunjukkan tanaman kontrol memiliki klorofil total yang lebih rendah dibandingkan dengan tanaman sawi hijau yang diberi perlakuan cahaya LED. Rata rata klorofil total tertinggi diperoleh ketika disinari LED selama 1 jam yaitu 1,289 mg/g dan terendah ketika disinari LED selama 3 jam yaitu 1,265 mg/g. Pada grafik menunjukkan setelah disinari LED selama 1 jam klorofil total meningkat dan menurun ketika disinari LED selama 2 jam dan ketika disinari LED selama 3 jam klorofil total semakin menurun, hal ini menunjukkan pada penyinaran LED selama 1 jam sawi hijau menerima energi yang cukup dalam membentuk klorofil total, menurut teori penyinaran yang terlalu lama akan membuat tanaman stress sehingga klorofil yang dihasilkan menurun. Diduga setelah disinari LED selama 2 jam dan 3 jam tanaman mengalami stress dan klorofil total yang dihasilkan menurun, sama

seperti klorofil-b yang mengalami penurunan pada penyinaran 2 jam dan 3 jam. Klorofil total terdiri atas klorofil-a dan klorofil-b. Berdasarkan hasil penelitian jumlah klorofil-b lebih banyak dibandingkan dengan klorofil-a. Oleh karena itu diperoleh klorofil total lebih banyak pada penyinaran LED selama 1 jam.



Gambar 4.12 Grafik Pengaruh Waktu Penyinaran LED terhadap Klorofil Total

Kemudian dilakukan uji anova tiga jalan untuk mengetahui pengaruh waktu penyinaran cahaya LED terhadap klorofil total sawi hijau. Hasil uji anova pada gambar 4.6 menunjukkan nilai signifikansi waktu penyinaran LED adalah 0,00 berarti $\text{sig} < 0,05$ artinya waktu penyinaran cahaya LED berpengaruh signifikan terhadap klorofil total sawi hijau. Kemudian dilakukan uji lanjut duncan untuk mengetahui waktu penyinaran LED yang paling optimal seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.20.

Tabel 4.20 Hasil Uji Duncan Pengaruh Waktu Penyinaran Cahaya LED terhadap Klorofil Total

Waktu penyinaran	Klorofil total	Notasi
Kontrol	1,235	A
3 jam	1,265	B
2 jam	1,269	B
1 jam	1,289	C

Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan pada tabel 4.20 perlakuan waktu penyinaran cahaya LED terhadap klorofil total berbeda nyata dengan tanaman kontrol dan perlakuan penyinaran selama 1 jam berbeda nyata dengan perlakuan 2 jam dan 3 jam, yang paling efektif meningkatkan klorofil total sawi hijau adalah pada penyinaran selama 1 jam yaitu diperoleh klorofil total 1,289 mg/g. Dalam klorofil total terdapat klorofil-a dan klorofil-b, berdasarkan hasil penelitian klorofil-b mengalami peningkatan ketika disinari selama 1 jam dan klorofil-a juga mengalami peningkatan ketika disinari selama 1 jam akan tetapi klorofil-a mengalami peningkatan lagi ketika disinari selama 2 jam. Oleh karena itu ketika dijumlahkan klorofil-a dan klorofil-b diperoleh klorofil total lebih banyak ketika disinari selama 1 jam.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengaruh Warna Cahaya LED terhadap Klorofil Sawi Hijau

Warna cahaya berperan penting dalam proses fotosintesis. Menurut Zulfiana, dkk.,(2020) klorofil-a dan klorofil-b banyak menyerap cahaya pada panjang gelombang 400-490 nm (biru) dan 620 nm-680 nm (merah). Semakin banyak cahaya yang diserap maka semakin banyak juga energi untuk melakukan fotosintesis. Hasil penelitian menunjukkan klorofil-a, klorofil-b, dan klorofil total memiliki respon yang berbeda terhadap perlakuan warna cahaya LED. Klorofil-a lebih banyak ketika disinari dengan cahaya biru seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Wu (2016) pada alga merah bahwa klorofil-a diperoleh lebih tinggi ketika disinari dengan cahaya biru dan penelitian yang telah dilakukan oleh Zheng dan Van Labeke (2017) pada tanaman beringin juga menunjukkan klorofil-a tertinggi ketika disinari dengan cahaya biru, sedangkan

klorofil-b lebih banyak ketika disinari dengan cahaya merah seperti hasil penelitian ini bahwa klorofil-b sawi hijau juga diperoleh paling tinggi ketika disinari cahaya merah dan diperoleh klorofil total sawi hijau lebih banyak ketika disinari dengan cahaya merah. Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Wang, dkk., (2016) pada daun anggur juga menunjukkan klorofil total tertinggi diperoleh ketika disinari dengan cahaya merah. Hal ini karena setiap pigmen memiliki respon yang berbeda terhadap cahaya dan setiap pigmen memiliki gugus pengikat yang berbeda, dalam penelitian ini menunjukkan cahaya merah lebih banyak diserap oleh klorofil total sawi hijau, dimana dalam klorofil total tersebut terdiri dari klorofil-a dan klorofil-b.

Pada tanaman terdapat dua jenis pigmen yang berfungsi aktif sebagai pusat reaksi atau fotosistem yaitu fotosistem I dan fotosistem II. Fotosistem I terdiri dari molekul klorofil yang menyerap cahaya pada panjang gelombang 700 nm sedangkan fotosistem II terdiri dari molekul klorofil yang menyerap cahaya pada panjang gelombang 680 nm (Pertamawati, 2010), dimana pada panjang gelombang 680 nm dan 700 nm merupakan panjang gelombang untuk cahaya merah. Semakin banyak energi cahaya yang diserap maka energi kimia yang diperoleh juga semakin banyak. Klorofil akan menyerap energi dari cahaya merah tersebut sehingga menyebabkan perubahan kondisi elektron klorofil pada fotosistem II menjadi tereksitasi, elektron tersebut akan ditangkap oleh plastokuinon untuk dikirimkan ke fotosistem I, karena perubahan energi dari keadaan dasar menjadi tereksitasi muatan pada klorofil menjadi tidak stabil sehingga fotosistem II mengambil elektron dari molekul H_2O untuk menstabilkannya kembali. Molekul H_2O akan dipecah oleh enzim sehingga

mengakibatkan pelepasan ion hidrogen, maka ion hidrogen tersebut akan dipompa oleh senyawa sitokrom masuk kedalam ATP sintase untuk diproses membentuk ATP (Wiraatmaja, 2017).

Elektron pada fotosistem I juga mengalami perubahan energi dari keadaan dasar menjadi tereksitasi, untuk menstabilkannya kembali fotosistem I akan menerima elektron dari fotosistem II kemudian elektron yang tereksitasi tersebut akan ditangkap oleh feredoksin dan elektron tersebut akan digunakan dalam pembentukan NADPH (Wiraatmaja, 2017). Cahaya yang diserap optimal akan menghasilkan energi yang juga optimal, energi ini akan digunakan dalam fotosintesis sehingga meningkatkan laju fotosintesis. Proses fotosintesis yang optimal akan menghasilkan energi kimia (ATP dan NADPH) yang optimal juga, dimana ATP dan NADPH yang dihasilkan akan digunakan dalam proses sintesis klorofil.

4.2.2 Pengaruh Intensitas Cahaya LED terhadap Klorofil Sawi Hijau

Intensitas cahaya berperan penting dalam proses fotosintesis. Proses fotosintesis berjalan optimal ketika cahaya yang diserap juga optimal. Semakin tinggi intensitas cahaya maka semakin banyak energi yang diperoleh sehingga fotosintesis meningkat, akan tetapi intensitas yang terlalu tinggi akan menurunkan proses fotosintesis. Intensitas yang terlalu tinggi akan meningkatkan temperature daun dan stomata menutup dan mengakibatkan klorofil rusak sehingga kandungan klorofil berkurang, sebaliknya intensitas yang terlalu rendah juga menurunkan kandungan klorofil karena proses fotosintesis menjadi terhambat (Suyanto, dkk., 2011).

Hasil penelitian menunjukkan klorofil-a lebih banyak ketika disinari LED dengan intensitas 40 lux. Klorofil-a mudah berkurang pada intensitas cahaya yang terlalu tinggi, intensitas cahaya yang lebih rendah membuat klorofil-a dapat memaksimalkan kinerja dalam penyerapan cahaya (Sayekti, dkk., 2017). Hampir sama dengan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Nguyen, dkk., (2019) pada bayam diperoleh klorofil-a tertinggi ketika disinari dengan perlakuan intensitas yang ketiga dan menurun ketika diberi perlakuan intensitas yang tertinggi. Sedangkan klorofil-b memiliki respon yang berbeda yaitu lebih banyak ketika disinari dengan intensitas 50 lux, menunjukkan pada intensitas 50 lux belum melebihi batas maksimum energi yang diperlukan sawi hijau untuk fotosintesis dalam membentuk klorofil-b sehingga klorofil-b masih mengalami peningkatan. seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Feng, dkk., (2019) pada kedelai diperoleh klorofil-b tertinggi ketika diberi perlakuan intensitas yang tertinggi.

Hasil penelitian menunjukkan klorofil total sawi hijau lebih banyak ketika disinari dengan intensitas 40 lux. Hal ini menunjukkan pada intensitas 40 lux klorofil total sawi hijau menyerap energi cahaya secara optimal, dimana dalam klorofil total tersebut terdiri atas klorofil-a dan klorofil-b. Hampir sama dengan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Nguyen, dkk., (2019) pada bayam diperoleh klorofil total tertinggi ketika disinari dengan perlakuan intensitas yang ketiga dan menurun ketika diberi perlakuan intensitas yang tertinggi. Peningkatan kandungan klorofil terjadi pada saat fotosintesis tanaman berjalan maksimal. Hal tersebut dikarenakan pada fotosintesis yang maksimal energi yang dibutuhkan semakin besar sehingga terjadi perubahan banyak energi

cahaya menjadi energi kimia pada saat fotosintesis. Semakin bekerja bagian kloroplas, semakin banyak juga klorofil yang dibutuhkan untuk menyerap energi cahaya tersebut, dengan demikian klorofil yang terbentuk akan semakin banyak (Muchammad, dkk., 2013).

4.2.3 Pengaruh Waktu Penyinaran LED terhadap Klorofil Sawi Hijau

Cahaya berperan penting dalam proses fotosintesis, waktu penyinaran yang tepat akan meningkatkan laju fotosintesis karena energi yang dibutuhkan untuk melakukan fotosintesis terpenuhi, dengan meningkatkannya laju fotosintesis maka energi yang dibutuhkan untuk melakukan sintesis klorofil juga meningkat sehingga klorofil yang dihasilkan juga meningkat (Primadani dan Maghfoer, 2018). Hasil penelitian menunjukkan penyinaran dengan sinar matahari ditambah penyinaran LED selama 1 jam dengan total penyinaran kurang lebih 13 jam meningkatkan klorofil-b dan klorofil total sawi hijau dan penyinaran dengan sinar matahari ditambah penyinaran LED selama 2 jam dengan total penyinaran kurang lebih 14 jam meningkatkan klorofil-a sawi hijau. Hal ini menunjukkan dengan penambahan penyinaran LED yang tepat proses fotosintesis menjadi lebih optimal sehingga klorofil yang dihasilkan meningkat

Hampir sama dengan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Yue, dkk., (2019) pada daun bawang diperoleh klorofil-a tertinggi pada penyinaran 16 jam dan klorofil-b pada penyinaran 12 jam. Hal ini menunjukkan dengan penambahan penyinaran LED proses fotosintesis menjadi lebih optimal sehingga klorofil yang dihasilkan meningkat.

Fotosintesis dibagi menjadi dua bagian utama yaitu reaksi terang (memerlukan cahaya) dan reaksi gelap (tidak memerlukan cahaya). Dalam

reaksi terang terjadi perubahan energi cahaya menjadi energi kimia, sedangkan dalam reaksi gelap terjadi reaksi siklik yang merubah karbondioksida menjadi glukosa. Pada reaksi terang diawali dengan penyerapan cahaya oleh klorofil sehingga menyebabkan perubahan kondisi elektron pada klorofil menjadi tereksitasi setelah itu terjadi reaksi yang mengkonversi energi cahaya menjadi energi kimia (Wiraatmaja, 2017). Energi kimia (ATP dan NADPH) yang digunakan pada sintesis klorofil dihasilkan dari reaksi terang, dengan penambahan penyinaran LED pada sawi hijau selama 1 dan 2 jam membuat reaksi terang menjadi lebih panjang sehingga energi yang dihasilkan untuk sintesis klorofil semakin banyak dan klorofil yang dihasilkan meningkat.

4.2.4 Pembahasan dalam Perspektif Al-Quran

Allah SWT telah menciptakan matahari sebagai sumber cahaya. Dengan cahaya tersebut, matahari dapat menerangi bumi. Dengan izin dan ketetapanNya cahaya matahari berkontribusi dalam proses fotosintesis tanaman sebagai bagian dari proses pembuatan bahan makanan bagi kehidupan makhluk hidup di bumi. Matahari sangat bermanfaat dalam kehidupan makhluk hidup seperti yang dijelaskan dalam surah Yunus ayat 5 :

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

“Dia-lah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya dan ditetapkan-Nya manzilah-manzilah (tempat-tempat) bagi perjalanan bulan itu, supaya kamu mengetahui bilangan tahun dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan yang demikian itu melainkan dengan hak. dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang Mengetahui” (QS. Yunus [10]:5)

Dalam kitab jami' al-bayan, al-tabari menafsirkan *diya'* dengan bersinar di siang hari sedangkan *nur* diartikan dengan bercahaya dimalam hari. Sedangkan al-Qurtubi menjelaskan kata *dhiya'* adalah apa-apa yang memancarkan cahaya, sedangkan *an-nur* yaitu apa yang tampak dan tersembunyi, sebab *nur* adalah cahaya dalam bentuk tunggal. Allah SWT menjadikan matahari bersinar tentunya dengan disertai tujuan seperti yang tertulis dalam ayat tersebut "*Allah tidak menciptakan yang demikian itu melainkan dengan hak*" Allah tidak menciptakan sesuatu dengan sia sia akan tetapi ada tujuan yang besar dalam penciptaannya.

Cahaya matahari mengenai bumi memiliki banyak manfaat salah satunya dalam proses fotosintesis akan tetapi dari semua radiasi cahaya matahari yang dipancarkan, tidak semuanya dapat diterima oleh tumbuhan. Allah menciptakan segala sesuatu dan sudah menetapkan ukuran-ukurannya dengan tepat seperti yang tertulis dalam surah Al-Qomar ayat 49 :

إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ ﴿٤٩﴾

"*Sesungguhnya kami menciptakan segala sesuatu menurut ukuran*" (QS. Al-Qomar[54]:49)

Hanya dalam ukuran panjang gelombang tertentu yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan untuk proses fotosintesis yaitu pada kisaran cahaya tampak. Adapun cahaya tampak terbagi atas beberapa spektrum warna yaitu merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila dan ungu. Kata *dhiya'* dapat juga dimisalkan sebagai cahaya lampu seperti pada penelitian ini penambahan cahaya LED juga bermanfaat dalam proses fotosintesis tumbuhan, dimana lampu LED juga memiliki banyak warna dan tidak menghasilkan energi panas sehingga cocok

untuk tumbuhan. Allah menciptakan berbagai macam tanaman memiliki masa pertumbuhan yang berbeda dan sesuai ukuran yang telah ditentukan seperti yang tertulis dalam surah Al-Hijr ayat 19 dan 21 :

وَالْأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رَوَاسِيَ وَأَوْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ شَيْءٍ مَّوْزُونٍ ﴿١٩﴾

“ Dan kami Telah menghamparkan bumi dan menjadikan padanya gunung-gunung dan kami tumbuhkan padanya segala sesuatu menurut ukuran.” (QS. Al-Hijr[15]:19)

وَإِنْ مِنْ شَيْءٍ إِلَّا عِنْدَنَا خَزَائِنُهُ وَمَا نُنزِّلُهُ إِلَّا بِقَدَرٍ مَعْلُومٍ ﴿٢١﴾

“Dan tidak ada sesuatupun melainkan pada sisi Kami-lah khazanahnya dan kami tidak menurunkannya melainkan dengan ukuran yang tertentu” (QS. Al-Hijr[15]:21)

Setiap tanaman memiliki pertumbuhan yang berbeda, seperti pada penelitian ini bahwa sawi hijau memiliki pertumbuhan yang berbeda dengan tanaman lain, hal ini karena hasil dari fotosintesis sawi hijau dengan tanaman lain berbeda, dimana pada proses fotosintesis membutuhkan pigmen klorofil untuk menyerap cahaya dan setiap tanaman memiliki kandungan klorofil yang berbeda sehingga hasil dari fotosintesis antara tanaman sawi hijau dengan tanaman lain berbeda. Dalam penelitian ini sawi hijau memiliki respon yang baik terhadap cahaya merah dan tanaman lain belum tentu merespon baik terhadap cahaya merah juga, hal ini yang menyebabkan pertumbuhan sawi hijau dengan tanaman lain juga berbeda. Dalam Al Quran klorofil disebut dengan khadira seperti yang disebutkan dalam surat Al-An'am ayat 99 :

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرُجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنَ النَّخْلِ فِتْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ

مُشْتَبِهًا وَغَيْرِ مُتَشَبِهٍ ۚ أَنْظِرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ ۗ إِنَّ فِي ذَٰلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ



“Dan dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan Maka kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman.” (QS. Al-An’am[6]:99)

Quraish shihab menafsirkan ayat tersebut sebagai proses penciptaan tanaman yang tumbuh dan berkembang sampai mencapai kematangan sehingga menghasilkan karbohidrat, protein, gula dll. Semua itu terjadi karena sinar matahari yang diserap oleh klorofil (khadira) dan energinya dimanfaatkan dalam fotosintesis. Dalam proses fotosintesis cahaya masuk ke dalam kloroplas dalam bentuk paket, yang disebut foton (photon), diserap oleh molekul penyerap cahaya bernama klorofil. Allah menciptakan segala sesuatu sesuai dengan fungsinya seperti yang tertulis dalam Al Quran surah Al-Furqon ayat 2 :

الَّذِي لَهُ مُلْكُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَلَمْ يَتَّخِذْ وَلَدًا وَلَمْ يَكُن لَّهُ شَرِيكٌ فِي الْمَلِكِ وَخَلَقَ كُلَّ شَيْءٍ فَقَدَرَهُ تَقْدِيرًا ۝

“Yang kepunyaan-Nya-lah kerajaan langit dan bumi, dan dia tidak mempunyai anak, dan tidak ada sekutu baginya dalam kekuasaan(Nya), dan dia Telah menciptakan segala sesuatu, dan dia menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya” (QS. Al-Furqon[25]:2)

Di dalam tanaman mengandung pigmen klorofil yang berfungsi menyerap energi cahaya. Klorofil terdiri atas klorofil-a dan klorofil-b dimana, klorofil-a dan klorofil-b paling banyak menyerap cahaya dengan panjang gelombang 400-

490 nm dan 620-680 nm. Proses penyerapan energi cahaya menyebabkan lepasnya elektron berenergi tinggi dari klorofil yang selanjutnya akan disalurkan dan ditangkap oleh akseptor elektron. Elektron ini selanjutnya masuk ke sistem siklus elektron. Elektron yang dilepaskan oleh klorofil mempunyai energi tinggi sebab memperoleh energi dari cahaya yang berasal dari molekul perangkat pigmen yang dikenal dengan kompleks antenna, setelah melewati proses yang panjang maka akan diperoleh energi kimia sebagai hasil dari reaksi terang dalam fotosintesis. Dalam penggalan ayat *unduruu ilaa stamarihi idaa astmaro wayan'ih* ditafsirkan sebagai perintah untuk mengembangkan ilmu yang berkaitan dengan tanaman (Shihab, 2002). Dengan menambahkan cahaya LED pada penyinaran tanaman sawi hijau dapat menaikkan kandungan klorofil. Selain bermanfaat dalam proses fotosintesis kandungan klorofil juga baik bagi kesehatan. Dengan mengkonsumsi sawi hijau yang mengandung klorofil cukup tinggi akan menyehatkan tubuh dan mencegah beberapa penyakit.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Warna cahaya LED berpengaruh terhadap klorofil sawi hijau, klorofil-b dan klorofil total sawi hijau diperoleh paling banyak ketika disinari dengan cahaya merah yaitu 0,699 mg/g klorofil-b dan 1,282 mg/g klorofil total sedangkan klorofil-a diperoleh paling banyak ketika disinari dengan cahaya biru yaitu 0,586 mg/g
2. Intensitas cahaya LED berpengaruh terhadap klorofil sawi hijau, klorofil-a dan klorofil total sawi hijau diperoleh paling banyak ketika disinari dengan intensitas 40 lux yaitu 0,5858 mg/g klorofil-a dan 1,280 mg/g klorofil total sedangkan klorofil-b diperoleh lebih banyak ketika disinari dengan intensitas 50 lux yaitu 0,696 mg/g
3. Waktu penyinaran LED berpengaruh terhadap klorofil sawi hijau, klorofil-b dan klorofil total diperoleh paling banyak ketika disinari LED selama 1 jam yaitu 0,710 mg/g klorofil-b dan 1,289 mg/g klorofil total sedangkan klorofil-a diperoleh lebih banyak ketika disinari cahaya LED selama 2 jam yaitu 0,587 mg/g

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh maka saran yang dapat diberikan sebagai berikut :

1. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk memberikan intensitas cahaya dengan rentang variasi yang lebih jauh agar diperoleh hasil yang lebih signifikan
2. Untuk penelitian selanjutnya, dapat dilakukan penelitian pada jenis tumbuhan yang berbeda
3. Untuk penelitian selanjutnya, dapat menambah variabel terikat nya sehingga pembahasan menjadi lebih luas

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. 2017. *Fisika Dasar II*. Bandung: Ganesa.
- Ai, N. S. dan Banyo, Y. 2011. *Konsentrasi Klorofil Daun Sebagai Indikator Kekurangan Air Pada Tanaman*. Jurnal Ilmiah Sains. Vol. 11(2): 166-173.
- Alamsjah, M. A., Ayuningtiaz, N. O. dan Subekti, S. 2010. *Pengaruh Lama Penyinaran Terhadap Pertumbuhan dan Klorofil-a Gracilaria verrucosa pada Sistem Budidaya Indoor*. Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan. Vol. 2(1): 21-29.
- Alifah, S., Nurfida, A. and Hermawan, A. 2019. *Pengolahan Sawi Hijau Menjadi Mie Hijau Yang Memiliki Nilai Ekonomis Tinggi Di Desa Sukamanis Kecamatan Kadudampit Kabupaten Sukabumi*. Journal of Empowerment Community (JEC). Vol. 1(2):52-58.
- Arifah, R. U., dkk. 2019. *Kandungan Klorofil dan Fukosantin serta Pertumbuhan Skeletonema costatum pada Pemberian Spektrum Cahaya Yang Berbeda*. Buletin Oseanografi Marina. Vol. 8(1): 25-32.
- Chen, H. B., dkk. 2010. *Modeling on Chlorophyll a and Phycocyanin Production by Spirulina platensis Under Various Light Emitting Diodes*. Biochemical Engineering Journal. Vol. 53: 52-56.
- Danurwendo, A. 2010. *Analisis dan Perancangan Sistem kontrol Pencahayaan dalam Ruangan*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Fajri, U. D., Wibawa, U. and Hasanah, R. N. 2014. *Hubungan antara Tegangan dan Intensitas Cahaya pada Lampu Hemat Energi Fluorescent Jenis Sl (Sodium Lamp) Dan Led (Light Emitting Diode)*. Malang : Universitas Brawijaya.
- Fan, X. X., dkk. 2013. *Effects of different light quality on growth, chlorophyll concentration and chlorophyll biosynthesis precursors of non-heading Chinese cabbage (Brassica campestris L.)*. Acta Physiologiae Plantarum. Vol. 35: 2721-2726.
- Fauziah, A., dkk. 2019. *Hubungan Antara Ketersediaan Cahaya Matahari Dan Konsentrasi Pigmen Fotosintetik Di Perairan Selat Bali*. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis. Vol. 11(1): 37-48.
- Feng, L., dkk. 2019. *The influence of light intensity and leaf movement on photosynthesis characteristics and carbon balance of Soybean*. Frontiers in Plant Science. Vol. 9: 1-16.
- Giancoli, D. C. 2001. *Fisika Edisi Kelima Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.

- Handoko, P. dan Fajariyanti, Y. 2010. *Pengaruh Spektrum Cahaya Tampak terhadap Laju Fotosintesis Tanaman Air Hydrilla Verticillata*. Kediri : Universitas Nusantara.
- Held, G. 2009. *Introduction to Light Emitting Diode Technology and Applications*. London: Taylor&Francis Group.
- Isnaini, V. A., Wirman, R. P. dan Wardhana, I. 2015. *Karakteristik dan Efisiensi Lampu Light Emitting Dioda (LED) sebagai Lampu Hemat Energi*. Jambi: IAIN Sulthan Thaha Saifuddin.
- Kurmiawan, G. R., Rahima, P. dan Satria, C. 2020. *‘Perancangan Aplikasi Pemanfaatan Klorofil Bagi Kesehatan Sebagai Media Informasi Berbasis Android*. Mataram: Universitas Bumigora.
- Lindawati, Nurcahyani, E. dan Zulkifli. 2014. *Kandungan Klorofil Daun Planlet Tomat (Lycopersicum esculentum mill) Hasil Seleksi dengan Asam Salisilat Secara In Vitro*. Lampung: Universitas Lampung.
- Meas, S., Luengwilai, K. and Thongket, T. 2020. *Enhancing Growth and Phytochemicals of Two Amaranth Microgreens by LEDs Light Irradiation*. Scientia Horticulturae. Vol. 265:1-10.
- Mengxi, L., dkk. 2011. *Effects of Different Spectral Lights on Oncidium PLBs Induction , Proliferation , and Plant Regeneration*. Vol. 106: 1-10.
- Merdekawati, W. dan Susanto, A. B. 2009. *Kandungan Dan Komposisi Pigmen Rumput Laut Serta Potensinya Untuk Kesehatan*. Squalen. Vol. 4(2): 41-47.
- Muchammad, A., Kardena, E. and Rinanti, A. 2013. *Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Penyerapan Gas Karbondioksida Oleh Mikroalga Tropis Ankistrodesmus sp dalam Fotobioreaktor*. Jurnal Teknik Lingkungan. Vol. 19(2): 103–116.
- Naomi, A., dkk. 2018. *Keefektifan Spektrum Cahaya Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kacang Hijau (Vigna Radiata)*. Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Fisika. Vol. 4(2): 93–102.
- Nguyen, T. P. D., Tran, T. T. H. dan Nguyen, Q. T. 2019. *Effects of Light Intensity on the Growth, Photosynthesis and Leaf Microstructure of Hydroponic Cultivated Spinach (Spinacia oleracea L.) Under a Combination of Red and Blue LEDs in House*. International Journal of Agricultural Technology. Vol. 15(1): 75–90.
- Novianti, M. E. 2017. *Perbandingan Kadar Besi (Fe) Pada Sawi Putih Dengan Sawi Hijau yang dijual Dibeberapa Pasar Kabupaten Brebes*. Vol. 2(2): 1-17.

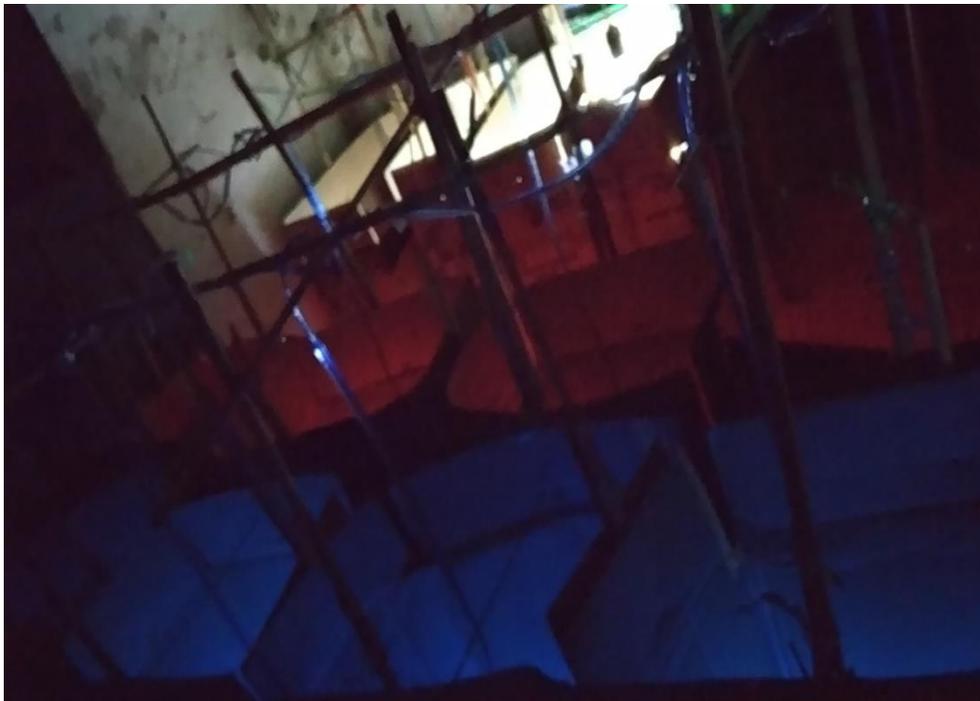
- Nugraha, P. A., dkk. 2020. *Analisis Pengaruh Intensitas dan Pola Pencahayaan LED (Light Emitting Diode) Berwarna Putih pada Pertumbuhan Tanaman Pakchoi (Brassica rapa L) di Dalam Ruang*. Vol.7(1): 1155–1162.
- Pamungkas, M. dan Rohmah, Y. S. 2015. *Perancangan dan Realisasi Alat Pengukur Intensitas Cahaya*. Jurnal Elkomika. Vol. 3(2): 120–132.
- Pertamawati. 2010. *Pertumbuhan Tanaman Kentang (Solanum Tuberosum L .) Dalam Lingkungan Fotoautotrof secara Invitro*. Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia. Vol. 12(1): 31–37.
- Prambudi, H. 2019. *Perbandingan Kadar Besi (Fe) Pada Sawi Putih Dengan Sawi Hijau yang dijual Dibeberapa Pasar Kabupaten Cirebon*. Vol. 1(1): 1-8.
- Primadani, R. dan Maghfoer, M. D. 2018. *Pengaruh Sinar Lampu Flourescent dan Lama Penyinaran Terhadap Pertumbuhan Bibit Nanas (Ananas comosus (L.) Merr.)*. Jurnal Produksi Tanaman. Vol. 6(2): 298–307.
- Riyono, S. 2006. *Beberapa Metode Pengukuran Klorofil Fitoplankton di Laut*. Jurnal Oseana. Vol. 31(3): 33–44.
- Sari, E. K. dan Hidayati, S. 2020. *Penetapan Kadar Klorofil dan Karotenoid Daun Sawi (Brassica) Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-Vis*. Journal of Chemistry. Vol. 5(1): 49-52.
- Sayekti, S., Harpeni, E. dan Muhaemin, M. 2017. *Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Kandungan Klorofil-a dan c Zooxanthellae dari Isolat Karang Lunak Zoanthus sp .* Maspari Journal. Vol. 9(1): 61–68.
- Shihab, M. Q. 2002. *Tafsir al Misbah, Pesan, Kesan, dan Keserasian al Quran*. Jakarta: Lentera Hati.
- Stenbaek, A. dan Jensen, P. E. 2010. *Redox regulation of chlorophyll biosynthesis*. Phytochemistry. Vol. 71: 853–859.
- Sunarjono, H. 2013. *Bertanam 36 Jenis Sayur*. Depok: Penebar Swadaya.
- Suprianto, Ulum, M. S. dan Iqbal. 2016. *Potensi Daun Biduri (Calotropis gigantea) Sebagai Bahan Aktif Dye- Sensitized Solar Cell (DSSC)*. Journal of Natural Science. Vol. 5(2): 132–139.
- Susilayati, M. 2016. *Difraksi pada Laser : Tafsir dari “ Cahaya di atas cahaya ”*. Vol. 1(2): 194-202.
- Suyanto, H., dkk. 2011. *Pengaruh Intensitas Cahaya Merah 680 nm Terhadap Laju Pertumbuhan dan Kadar Klorofil – a Pada Fase Pembibitan Tanaman Tomat*. Serpong: PusatPenelitian Fisika-LIPI.

- Suyono, E. A., dkk. 2015. *Combination of Blue, Red, White, and Ultraviolet Lights for Increasing Carotenoids and Biomass of Microalga Haematococcus pluvialis*. *Procedia Environmental Sciences*. Vol. 28: 399–405.
- Syafriyudin dan Ledhe, N. T. 2015. *Analisis Pertumbuhan Tanaman Krisan Pada Variabel Warna Cahaya Lampu Led*. *Jurnal Teknologi*. Vol. 8(1): 83–87.
- Wang, S., dkk. 2016. *Red and Blue Lights Significantly Affect Photosynthetic Properties and Ultrastructure of Mesophyll Cells in Senescing Grape Leaves*. *Horticultural Plant Journal*. Vol. 2(2): 82–90.
- Wiratmaja, W. 2017. *Fotosintesis*. Denpasar: Fakultas Pertanian UNUD.
- Wu, H. 2016. *Effect of Different Light Qualities on Growth, Pigment Content, Chlorophyll Fluorescence, and Antioxidant Enzyme Activity in the Red Alga Pyropia haitanensis (Bangiales, Rhodophyta)*. China: BioMed Research International.
- Yue, Z., Xin, R. W. dan Jianjun, C. 2019. *Effects of light quality and photoperiod of light emitting LED on growth and biomass accumulation of shallot*. *Journal of Horticulture and Forestry*. Vol. 11(5): 78–83.
- Zheng, L. dan Van Labeke, M. C. 2017. *Long-term effects of red- and blue-light emitting diodes on leaf anatomy and photosynthetic efficiency of three ornamental pot plants*. *Frontiers in Plant Science*. Vol. 8: 1–12.
- Zulfiana, V., Kirom, M. R. dan Rosdiana, E. 2020. *Analisis Pengaruh Intensitas Cahaya LED (Light Emitting Diode) dengan Warna Merah , Biru , dan Putih di dalam Ruang*. Vol. 7(1): 1147–1154.

LAMPIRAN

Lampiran 1 : Data Hasil Penelitian

			A663			A 645				
			I	II	III	I	II	III		
Control			2.683	2.661	2.696	1.981	2.039	1.954		
1 jam	Biru	20 lux	2.711	2.738	2.708	2.135	2.054	2.051		
		30 lux	2.722	2.743	2.743	2.124	2.058	2.152		
		40 lux	2.741	2.733	2.738	2.096	2.082	2.099		
		50 lux	2.733	2.743	2.738	2.183	2.147	2.096		
		Merah	20 lux	2.711	2.715	2.709	2.151	2.094	2.129	
		30 lux	2.721	2.743	2.753	2.088	2.114	2.124		
		40 lux	2.743	2.743	2.732	2.101	2.077	2.14		
		50 lux	2.711	2.734	2.719	2.123	2.097	2.198		
		Putih	20 lux	2.714	2.713	2.715	2.098	2.095	2.101	
			30 lux	2.725	2.726	2.717	2.099	2.028	2.116	
			40 lux	2.723	2.723	2.715	2.106	2.121	2.118	
			50 lux	2.713	2.703	2.711	2.135	2.058	2.059	
	2 jam		Biru	20 lux	2.732	2.741	2.763	2.022	2.037	2.036
		30 lux		2.76	2.742	2.771	2.085	2.062	1.986	
		40 lux		2.76	2.764	2.767	2.035	2.076	2.059	
50 lux		2.741		2.742	2.737	2.056	2.043	2.046		
Merah		20 lux		2.74	2.74	2.738	2.015	2.041	2.009	
			30 lux	2.751	2.742	2.761	2.004	2.027	2.088	
			40 lux	2.781	2.764	2.759	2.296	2.135	2.143	
			50 lux	2.709	2.744	2.732	2.092	2.013	2.048	
		Putih	20 lux	2.717	2.729	2.714	2.033	2.017	2.014	
			30 lux	2.72	2.75	2.719	2.054	2.046	2.021	
			40 lux	2.763	2.759	2.723	2.024	2.048	2.077	
			50 lux	2.739	2.729	2.759	2.037	2.006	2.055	
3 jam			Biru	20 lux	2.749	2.748	2.751	2.02	2.008	2.172
				30 lux	2.75	2.768	2.767	2.075	2.011	2.028
				40 lux	2.749	2.759	2.778	2.071	2.023	2.034
		50 lux		2.73	2.749	2.753	2.049	2.058	2.019	
	Merah	20 lux		2.681	2.749	2.725	2.044	1.982	2.011	
			30 lux	2.73	2.745	2.768	2.041	2.126	2.142	
			40 lux	2.742	2.732	2.749	1.875	1.997	2.146	
			50 lux	2.729	2.743	2.756	2.226	2.048	2.107	
		putih	20 lux	2.719	2.729	2.712	2.013	2.041	2.014	
			30 lux	2.739	2.728	2.713	2.013	2.059	2.021	
			40 lux	2.739	2.713	2.758	2.049	2.045	2.009	
			50 lux	2.73	2.734	2.729	2.008	2.057	2.042	

Lampiran 2 : Dokumentasi Penelitian





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

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

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Lisanatul Mustofa
NIM : 17640045
Fakultas/Program Studi : Sains dan Teknologi/Fisika
Judul Skripsi : Pengaruh Cahaya LED (Light Emite Dioda) Biru,
Merah, dan Putih terhadap Kadar Klorofil Tanaman Sawi
Hijau (*Brassica Juncea L*)
Pembimbing 1 : Khusnul Yakin, M.Si
Pembimbing 2 : Drs. Abdul Basid, M.Si

• **Konsultasi Fisika**

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1	6 Maret 2021	Konsultasi Bab I, II, dan III	
2	9 Maret 2021	Konsultasi Bab I, II, dan III	
3	19 Maret 2021	Konsultasi Bab I, II, III dan ACC	
4	4 November 2021	Konsultasi Data Hasil Bab IV	
5	19 November 2021	Konsultasi Bab IV	
6	19 Desember 2021	Konsultasi Bab IV	
7	25 Desember 2021	Konsultasi Bab IV	
8	8 Februari 2022	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan ACC	

• **Konsultasi Integrasi**

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1	10 Januari 2022	Konsultasi Kajian Agama	
2	11 Januari 2022	Konsultasi Kajian Agama dan ACC	

Malang, 6 April 2022

Mengetahui,
Ketua Program Studi,



Dr. Imam Tazi, M.Si

NIP. 19740730 200312 1 002