



**PENGARUH PERBEDAAN SPEKTRUM CAHAYA DAN LAMA  
PENYINARAN *LIGHT EMITTING DIODE* (LED) TERHADAP  
PERTUMBUHAN DAN HASIL PRODUKSI TANAMAN**

**KALE (*Brassica oleracea* var. *acephala* L.)**

**PADA SISTEM HIDROPONIK**

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**Yuli Novita Sari**

**NIM. 161510501060**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2021**



**PENGARUH PERBEDAAN SPEKTRUM CAHAYA DAN LAMA  
PENYINARAN *LIGHT EMITTING DIODE* (LED) TERHADAP  
PERTUMBUHAN DAN HASIL PRODUKSI TANAMAN**

**KALE (*Brassica oleracea* var. *acephala* L.)**

**PADA SISTEM HIDROPONIK**

**SKRIPSI**

Diajukan guna memenuhi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk  
Menyelesaikan Program Studi Agroteknologi (S1)  
dan memperoleh gelar Sarjana Pertanian

Oleh:

**Yuli Novita Sari**

**NIM. 161510501060**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2021**

## PERSEMBAHAN

Dengan Puji Syukur atas kehadiran Allah SWT, saya persembahkan karya tulis ilmiah ini kepada:

1. Orangtua kandung saya Bapak Yasin dan Ibu Puntiani yang senantiasa mendoakan dan memberikan dukungan secara moril maupun materil, sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir hingga mendapat gelar Sarjana Pertanian;
2. Dr. Ir. Slameto, MP. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang senantiasa membimbing saya dengan sabar dan selalu memberikan nasehat serta motivasi untuk segera menyelesaikan skripsi hingga mendapat gelar Sarjana Pertanian;
3. Ir. Usmadi, MP. selaku Dosen Penguji 1 dan Dr. Ir. Cahyadi Bowo selaku Dosen Penguji 2 sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan evaluasi dan masukan demi kesempurnaan tugas akhir ini;
4. Seluruh Guru SD hingga SMA, dan segenap dosen, pegawai, dan karyawan Fakultas Pertanian Universitas Jember, khususnya di Program Studi Agroteknologi yang telah memberikan ilmu, pengalaman, dan fasilitas selama saya menempuh pendidikan S1.
5. Semua saudara, teman, dan sahabat saya yang telah menemani dan berbagi pengalaman dengan saya selama menempuh jenjang perkuliahan.
6. Almamater Fakultas Pertanian Universitas Jember.

**MOTTO**

*“Sesungguhnya bersama kesulitan akan ada kemudahan”*

(QS. Al-Insyirah : 6)

*"Boleh jadi kamu membenci sesuatu namun ia amat baik bagimu dan boleh jadi engkau mencintai sesuatu namun ia amat buruk bagimu, Allah Maha Mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahui."*

(Al Baqarah: 216)

*“Semakin kau peduli bagaimana dirimu terlihat di hadapan Allah, semakin kau tak peduli bagaimana dirimu terlihat di hadapan manusia”*

(Yasmin Mogahed)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Yuli Novita Sari

NIM : 161510501060

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi berjudul **“Pengaruh Perbedaan Spektrum Cahaya dan Lama Penyinaran *Light Emitting Diode* (LED) Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Produksi Tanaman Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala* L.) pada Sistem Hidroponik”** adalah benar-benar hasil karya penulis sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun serta bukan karya tulis plagiasi. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 28 Juni 2021

Yang menyatakan

Yuli Novita Sari

NIM. 161510501060

**SKRIPSI**

**PENGARUH PERBEDAAN SPEKTRUM CAHAYA DAN LAMA PENYINARAN  
LIGHT EMITTING DIODE (LED) TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL  
PRODUKSI TANAMAN KALE (*Brassica oleracea* var. *acephala* L.)  
PADA SISTEM HIDROPONIK**

Oleh :

**Yuli Novita Sari  
NIM. 161510501060**

Pembimbing :

Pembimbing Skripsi :

**Dr. Ir. Slameto, MP**

**NIP. 196002231987021001**

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “**Pengaruh Perbedaan Spektrum Cahaya dan Lama Penyinaran *Light Emitting Diode* (LED) Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Produksi Tanaman Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala* L.) pada Sistem Hidroponik**” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Senin

Tanggal : 28 Juni 2021

Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember

**Dosen Pembimbing Skripsi,**

**Dr. Ir. Slameto, MP**

**NIP. 196002231987021001**

**Dosen Penguji Utama,**

**Dosen Penguji Anggota,**

**Ir. Usmadi, MP**

**NIP. 196208081988021001**

**Dr. Ir. Cahyoadi Bowo**

**NIP. 196103161989021001**

**Mengesahkan,**

**Dekan**

**Prof. Dr. Ir. Soetriono, M.P.**

**NIP. 196403041989021001**

## RINGKASAN

**Pengaruh Perbedaan Spektrum Cahaya dan Lama Penyinaran *Light Emitting Diode* (LED) Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Produksi Tanaman Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala* L.) pada Sistem Hidroponik**, Yuli Novita Sari; 161510501060; 2021; Program Studi Agroteknologi; Fakultas Pertanian; Universitas Jember.

Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) merupakan tanaman hortikultura yang mempunyai kandungan nutrisi tinggi dan bernilai ekonomis namun belum banyak dibudidayakan secara komersial. Permasalahan dalam budidaya tanaman kale salah satunya yaitu penyempitan lahan pertanian, sehingga budidaya tanaman kale secara hidroponik dapat menjadi alternatif permasalahan tersebut. Tanaman kale merupakan tanaman hari panjang dengan fotoperiode kritisnya 14-16 jam sehingga penyinaran yang kurang akan berpengaruh terhadap fase vegetatif dan fase generatif tanaman, alternatif yang dilakukan yaitu dengan memanipulasi cahaya matahari menggunakan lampu LED. Penggunaan spektrum cahaya dan lama penyinaran yang tepat akan mengoptimalkan pertumbuhan tanaman kale.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh perbedaan spektrum cahaya dan lama penyinaran serta spektrum cahaya dan lama penyinaran yang terbaik menggunakan LED terhadap pertumbuhan dan hasil produksi tanaman kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) pada sistem hidroponik. Penelitian ini dilaksanakan di *Green House* Sayuran Hidroponik Kebun UPT Agrotechnopark Fakultas Pertanian Universitas Jember. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari satu faktor dengan 10 taraf yang diulang sebanyak 4 kali sehingga terdapat 40 unit percobaan. Perlakuan yang digunakan terdiri dari tanpa penambahan spektrum cahaya dan lama penyinaran (L0), penambahan spektrum cahaya merah 4 jam (LM4), penambahan spektrum cahaya merah 5 jam (LM5), penambahan spektrum cahaya merah 6 jam (LM6), penambahan spektrum cahaya biru 4 jam (LB4), penambahan spektrum cahaya biru 5 jam (LB5), penambahan spektrum cahaya biru 6 jam (LB6), penambahan spektrum cahaya merah biru 4 jam (LMB4), penambahan spektrum cahaya merah biru 5 jam (LMB5), dan penambahan spektrum cahaya merah biru 6 jam (LMB6). Analisis data menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) dan selanjutnya perlakuan yang pengaruhnya nyata akan dianalisis lanjut menggunakan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan taraf 5%.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan spektrum cahaya LED dan lama penyinaran berbeda sangat nyata terhadap variabel tinggi tanaman, laju pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah daun, kandungan klorofil daun, berat tajuk tanaman, berat segar tanaman, berat kering tajuk tanaman, dan berat kering tanaman. Penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam menunjukkan rata-rata hasil terbaik pada semua variabel yaitu tinggi tanaman dengan rata-rata 52.13 cm, laju pertumbuhan tinggi tanaman dengan rata-rata 1.39 cm/hari, jumlah daun dengan rata-rata 23.5 helai, kandungan klorofil daun

dengan rata-rata  $794 \mu\text{mol/m}^2$ , berat tajuk tanaman dengan rata-rata 68.75 g, berat segar tanaman dengan rata-rata 94.3 g, berat kering tajuk tanaman dengan rata-rata 8.42 g, dan berat kering tanaman dengan rata-rata 11.58 g. Rata-rata kenaikan produksi sebesar 53% dibandingkan dengan kontrol.



## SUMMARY

**Effect of Differences in Light Spectrum and Length of Light-emitting Diode (LED) Irradiation on Growth and Yield of Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala* L.) in the Hydroponic System.** Yuli Novita Sari; 161510501060; 2021; Agrotechnology Study Program; Faculty of Agriculture; University of Jember.

Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) is a horticultural plant that has high nutritional content and economic value but has not been widely cultivated commercially. One of the problems in kale cultivation is the narrowing of agricultural land, so hydroponic cultivation of kale can be an alternative to the problems. Kale is a long-day plant with a critical photoperiod of 14-16 hours, so that insufficient light will affect the vegetative and generative phases of the plant, an alternative that can be done is by manipulating sunlight using LED lights. The use of the right spectrum and length of irradiation will optimize the growth of kale.

The purpose of this study was to determine the effect in light spectrum and length of irradiation time as well as the light spectrum and best length of irradiation using LEDs on the growth and yield of kale (*Brassica oleracea* var. *acephala* L.) in a hydroponic system. This research was conducted at the Green House Hydroponic Vegetables, UPT Agrotechnopark, Faculty of Agriculture, University of Jember. This study used a completely randomized design consisted of one factor with 10 levels which was repeated 4 times so that there were 40 experimental units. The treatments used consisted of no addition of light spectrum and length of irradiation (L0), addition of 4 hours of red light spectrum (LM4), addition of 5 hours of red light spectrum (LM5), addition of 6 hours of red light spectrum (LM6), addition of 4 hours of blue light spectrum (LB4), addition of 5 hours of blue light spectrum (LB5), addition of 6 hours of blue light spectrum (LB6), addition of 4 hours of red and blue light spectrum (LMB4), addition of 5 hours of red and blue light spectrum (LMB5), and addition of 6 hours red and blue light spectrum (LMB6). Analysis of the data using Analysis of Variance (ANOVA) and then the treatment with a significant effect will be further analyzed using the Honestly Significant Difference Test (HSD) with a level of 5%.

Based on the results of the study, it was shown that the differences in the LED light spectrum and the length of irradiation had very significant differences in the variables of plant height, plant height growth rate, a number of leaves, leaf chlorophyll content, plant crown weight, plant fresh weight, plant crown dry weight, and plant dry weight. The addition of the red-blue light spectrum for 6 hours showed the best average yield on all variables, namely plant height with an average of 52.13 cm, plant height growth rate with an average of 1.39 cm/day, number of leaves with an average of 23.5 strands, leaf chlorophyll content with an average of 794  $\mu\text{mol} / \text{m}^2$ , plant crown weight with an average of 68.75 g, plant fresh weight with an average of 94.3 g, dry weight of plant crowns with an average of 8.42 g, and plant dry weight with an average of 11.58 g. The average increase in production was 53% compared to the control.

## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Perbedaan Spektrum Cahaya dan Lama Penyinaran *Light Emitting Diode* (LED) Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Produksi Tanaman Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala* L.) pada Sistem Hidroponik”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas nikmat dan karunianya serta kesehatan sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi ini.
2. Prof. Dr. Ir. Soetriono, MP selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember.
3. Drs. Yagus Wijayanto, MA., Ph.D, selaku Koordinator Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.
4. Dr. Ir. Slameto, MP selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang senantiasa membimbing dengan sabar dan memberikan nasehat serta motivasi untuk segera menyelesaikan skripsi hingga mendapat gelar Sarjana Pertanian.
5. Ir. Usmadi, MP selaku Dosen Penguji I dan Dr. Ir. Cahyoadi Bowo selaku Dosen Penguji II sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan nasehat, arahan dan saran untuk menyelesaikan skripsi ini.
6. Pihak UPT Agrotechnopark Universitas Jember, yang telah memfasilitasi, memberikan informasi dan pengetahuan dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Orang tua tercinta Bapak Yasin dan Ibu Puntiani juga Bapak Eko Sutrisno dan Ibu Siti Karyuni, serta Adik-adik saya Fauzan Aska Trisna, Roynaldo Ardiansyah, dan Yuli Antika Oktavia yang telah memberikan doa, semangat, motivasi serta dukungan hingga terselesaikannya skripsi ini.

8. Teruntuk Arie Hamdan Muhammad yang selalu menyemangati, mendoakan dan memberi dukungan hingga terselesainya penulisan skripsi ini.
9. Sahabat sejak kecil Eka Betty Windasari dan sahabat selama perkuliahan Lintang, Dilla, Dini, Suci, Nailah, Asmaul, Alda, Iin, Fahira, dan Pandu yang telah memberi dukungan, semangat, motivasi, saran, kritik serta do'a.
10. Sahabat seperjuangan selama penelitian Nurul, Pertiwi, Dwi Lindah, Alifa, Imam Maliki, Puput, Feri, Biyan, dan teman – teman yang lain yang telah membantu pelaksanaan penelitian, dan memberikan bantuan pemikiran.
11. Keluarga besar IMAGRO dan UKM Chorus Rusticarum sebagai tempat saya berproses, telah memberikan ilmu dan pengalaman berorganisasi serta kekeluargaan selama perkuliahan.
12. Keluarga besar Agroteknologi angkatan 2016 atas kenangan, kebersamaan dan suka duka selama perkuliahan.
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan semangat, dukungan, dan bantuan.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi para pembaca dan penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun selalu penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini selanjutnya.

Jember, 28 Juni 2021

Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBING .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>ix</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Tamanam Kale (Brassica oleracea var. acephala) .....	5
2.2 Sistem Hidroponik.....	6
2.3 Cahaya .....	9
2.5 Pengaruh LED Terhadap Pertumbuhan Tanaman .....	11
2.6 Hipotesis .....	13
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>14</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	14
3.2 Alat dan Bahan .....	14
3.2.1 Alat .....	14
3.2.3 Bahan.....	14
3.3 Rancangan Percobaan.....	14
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	15
a. Pembuatan Sistem Hidroponik .....	15
b. Pembuatan Kotak Ruang Tanaman .....	16
c. Pembibitan .....	16
d. Pembuatan Larutan Nutrisi.....	16
e. Pemindahan Bibit dan Penanaman .....	16
f. Penempatan Lampu LED di atas tanaman .....	16
g. Pemeliharaan .....	17
h. Panen .....	17
3.5 Variabel Pengamatan .....	17

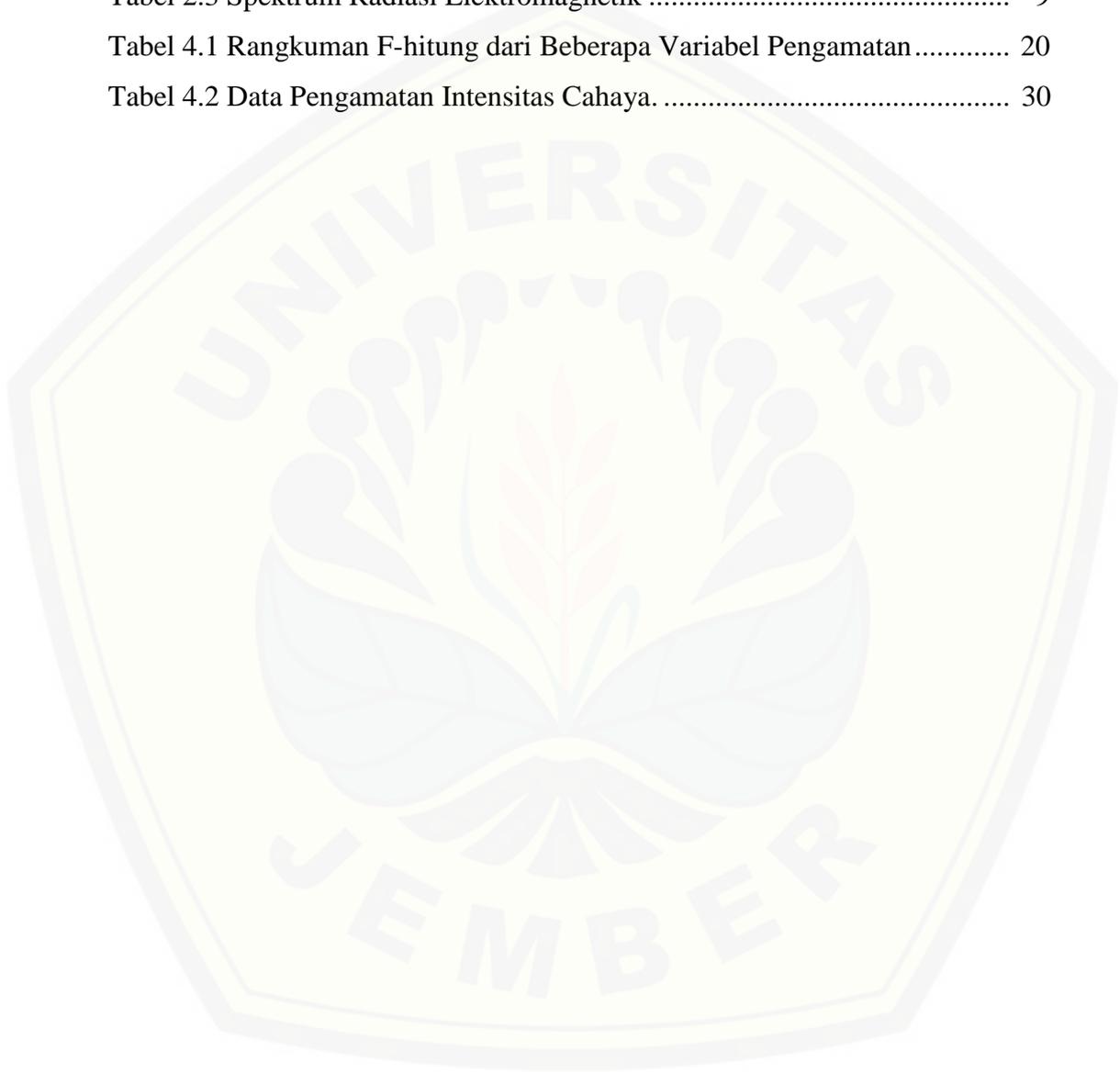
3.6 Analisis Data.....	19
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>20</b>
4.1 Hasil.....	20
4.1.1 Tinggi Tanaman .....	20
4.1.2 Laju Pertumbuhan Tinggi Tanaman.....	21
4.1.3 Jumlah Daun.....	22
4.1.4 Kandungan Klorofil Daun .....	23
4.1.5 Berat Tajuk Tanaman .....	24
4.1.6 Berat Segar Tanaman .....	25
4.1.7 Berat Kering Tajuk Tanaman.....	26
4.1.8 Berat Kering Tanaman .....	27
4.2 Pembahasan .....	28
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>38</b>
5.1 Kesimpulan .....	38
5.2 Saran .....	38
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>39</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>45</b>

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
Gambar 2.1 Spektrum Cahaya Matahari dan Satuannya .....	9
Gambar 2.2 Spektrum Absorpsi Klorofil .....	10
Gambar 4.1 Pengaruh Perbedaan Spektrum Cahaya dan Lama Penyinaran LED Terhadap Tinggi Tanaman Kale.....	21
Gambar 4.2 Pengaruh Perbedaan Spektrum Cahaya dan Lama Penyinaran LED Terhadap Laju Pertumbuhan Tinggi Tanaman Kale .....	22
Gambar 4.3 Pengaruh Perbedaan Spektrum Cahaya dan Lama Penyinaran LED Terhadap Jumlah Daun Tanaman Kale .....	23
Gambar 4.4 Pengaruh Perbedaan Spektrum Cahaya dan Lama Penyinaran LED Terhadap Kandungan Klorofil Daun Tanaman Kale .....	24
Gambar 4.5 Pengaruh Perbedaan Spektrum Cahaya dan Lama Penyinaran LED Terhadap Berat Tajuk Tanaman Kale .....	25
Gambar 4.6 Pengaruh Perbedaan Spektrum Cahaya dan Lama Penyinaran LED Terhadap Berat Segar Tanaman Kale .....	26
Gambar 4.7 Pengaruh Perbedaan Spektrum Cahaya dan Lama Penyinaran LED Terhadap Berat Kering Tajuk Tanaman Kale .....	27
Gambar 4.8 Pengaruh Perbedaan Spektrum Cahaya dan Lama Penyinaran LED Terhadap Berat Kering Tanaman Kale .....	28

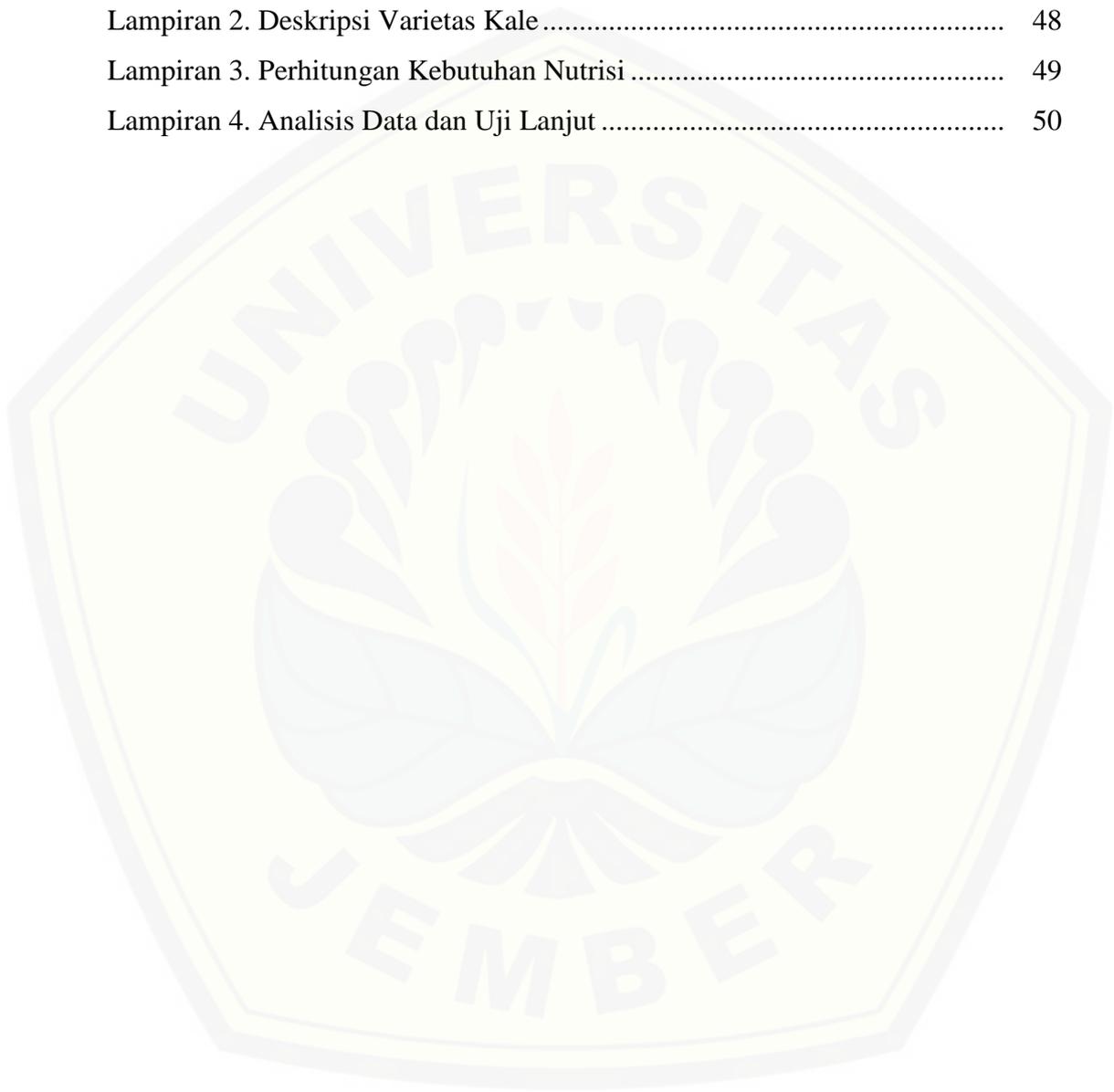
**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 2.1 Kandungan Kimia pada Tanaman Kale .....	5
Tabel 2.3 Spektrum Radiasi Elektromagnetik .....	9
Tabel 4.1 Rangkuman F-hitung dari Beberapa Variabel Pengamatan.....	20
Tabel 4.2 Data Pengamatan Intensitas Cahaya.....	30



**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian .....	45
Lampiran 2. Deskripsi Varietas Kale .....	48
Lampiran 3. Perhitungan Kebutuhan Nutrisi .....	49
Lampiran 4. Analisis Data dan Uji Lanjut .....	50



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) merupakan jenis tanaman hortikultura keluarga Brassica yang tampilannya sepintas mirip dengan kubis, brokoli, dan kailan namun pada tanaman kale daun sejatinya tidak berbentuk kepala. Tanaman kale biasa disebut dengan kubis daun atau kubis keriting. Kata kale berasal dari bahasa Belanda yang artinya kubis petani. Tanaman kale mempunyai daun yang sangat keriting dan tepinya berjumbai-jumbai. Tanaman kale tergolong pada tanaman sayur-sayuran yang mempunyai nilai ekonomis yang tinggi namun belum banyak dibudidayakan secara komersial (Rukmana, 1994). Tanaman kale mengandung nilai nutrisi yang tinggi antara lain mengandung sumber zat besi, vitamin A dan C, asam folat, dan mengandung senyawa sulforaphane yang merupakan senyawa anti kanker (Beliveau dan Gingras, 2006).

Perkembangan tanaman kale di Indonesia telah mengalami peningkatan karena permintaan konsumen juga meningkat. Menurut Arifin (2016), mulai tahun 2016 tanaman kale merupakan salah satu jenis sayuran yang bernilai jual tinggi yang paling diminati oleh pasar, sehingga perlu ditingkatkan produksinya. Pergeseran nilai dan cara pandang masyarakat kota di Indonesia yang semakin berkembang lebih mengutamakan pola hidup sehat sehingga banyak konsumen yang menginginkan makanan yang mempunyai kalori rendah, tinggi zat besi dan vitamin K, kadar lemak nol, dan penuh dengan antioksidan sehingga tanaman kale perlu dibudidayakan secara komersial. Namun dalam pelaksanaan budidaya tanaman kale mengalami beberapa kendala. Salah satu kendala yang dihadapi yaitu beralihnya fungsi lahan pertanian menjadi daerah perindustrian sehingga menyebabkan lahan pertanian yang digunakan untuk budidaya tanaman semakin menyempit.

Alternatif untuk menyelesaikan permasalahan penyempitan lahan untuk produksi pertanian salah satunya adalah budidaya tanaman secara hidroponik. Hidroponik merupakan teknik budidaya tanaman tanpa menggunakan tanah sebagai media tanamnya tetapi dapat menggunakan air atau bahan porous

lainnya seperti pecahan genting, pasir kali, kerikil, maupun gabus putih. Budidaya menggunakan teknik hidroponik membutuhkan penambahan unsur hara esensial baik makro maupun mikro untuk proses pertumbuhan tanaman (Wahyuningsih dkk., 2016).

Kale merupakan tanaman kelompok Genus Brassica termasuk kedalam tanaman hari panjang (*long day plants*) dengan fotoperiode kritisnya yaitu antara 14-16 jam. Indonesia merupakan daerah khatulistiwa yang mempunyai panjang hari rata-rata 12 jam, sehingga salah satu cara yang dilakukan untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman kale yaitu dengan memanipulasi cahaya matahari dengan menggunakan lampu buatan yaitu LED (*Light Emitting Diode*). Alasan menggunakan lampu LED daripada menggunakan lampu lainnya yaitu karena mudah dioperasikan, murah, hemat energi, masa pakai lama, tidak mengandung merkuri atau bahan berbahaya lainnya sehingga lebih aman dan ramah lingkungan (Faridha dan Saputra, 2016). Lampu LED dapat memancarkan warna cahaya yang dapat digunakan tanaman untuk proses fotosintesis. Penggunaan lampu LED dalam budidaya kale secara hidroponik dilakukan pada *Green House* sehingga kebutuhan cahaya tanaman kale untuk fotosintesis dapat diatur.

Cahaya merupakan faktor eksternal penting bagi pertumbuhan tanaman salah satunya untuk proses fotosintesis. Cahaya mempengaruhi pertumbuhan, reproduksi, dan hasil tanaman melalui fotosintesis. Spektrum cahaya yang paling banyak digunakan untuk fotosintesis terletak pada warna merah dan biru. Menurut Nurunisa dkk (2018), cahaya warna merah dan biru merupakan cahaya utama yang dibutuhkan dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman karena kedua cahaya tersebut merupakan sumber energi utama untuk asimilasi CO<sub>2</sub> dalam fotosintesis. Menurut Muneer, *et al.*, (2014), pemberian LED warna biru mampu meningkatkan biomassa dan fotosintesis pada tanaman selada. Berdasarkan penelitian Uddin *et.al* (2017), penggunaan LED warna merah dapat menghasilkan tinggi maksimum pada tanaman brokoli daripada warna putih dan warna biru sehingga belum diketahui secara pasti warna LED yang dapat digunakan sebagai penambah cahaya yang sesuai pada tanaman kale.

Lama penyinaran pada tanaman juga berpengaruh terhadap proses pertumbuhan tanaman. Kale merupakan tanaman hari panjang yang hanya akan berbunga apabila mengalami fotoperiode lebih tinggi dibandingkan dengan fotoperiode kritisnya. Menurut Agustin dan Fauzi (2019), tanaman kale sulit berbunga pada daerah tropis dikarenakan tanaman kale membutuhkan suhu dibawah 10°C untuk menstimulasi munculnya bunga, hal itu menyebabkan tanaman kale selalu berada pada fase vegetatif. Menurut Sutoyo (2011), lama penyinaran pada tanaman tidak hanya berpengaruh terhadap pembungaan atau fase produktif saja namun juga berpengaruh terhadap fase vegetatif seperti pembentukan anakan, percabangan, dan pertumbuhan memanjang, sehingga penyinaran yang panjang mampu merangsang pertumbuhan tanaman. Lama penyinaran pada tanaman kale tergantung pada jenis dan spektrum cahaya LED yang digunakan dan belum diketahui spektrum cahaya dan lama penyinaran yang mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil produksi tanaman kale secara optimal.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah pada penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana pengaruh penambahan spektrum cahaya dan lama penyinaran menggunakan LED terhadap pertumbuhan dan hasil produksi tanaman kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) pada sistem hidroponik?
2. Bagaimana penambahan spektrum cahaya dan lama penyinaran menggunakan LED yang terbaik terhadap pertumbuhan dan hasil produksi tanaman kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) pada sistem hidroponik?

## 1.3 Tujuan

Berdasarkan latar belakang masalah, maka tujuan penelitian yang akan dilaksanakan antara lain:

1. Mengetahui pengaruh penambahan spektrum cahaya dan lama penyinaran menggunakan LED terhadap pertumbuhan dan hasil produksi tanaman kale

(*Brassica oleracea* var. *acephala*) pada sistem hidroponik.

2. Mengetahui penambahan spektrum warna cahaya dan lama penyinaran yang terbaik terhadap pertumbuhan dan hasil produksi tanaman kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) pada sistem hidroponik.

#### **1.4 Manfaat**

Adapun manfaat dari penelitian yang akan dilaksanakan ini adalah memberikan teknologi dan informasi mengenai pengaruh penambahan spektrum cahaya menggunakan LED dan waktu lama penyinaran LED yang tepat terhadap pertumbuhan dan hasil produksi tanaman kale dengan menggunakan sistem hidroponik.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tamanam Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*)

Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) merupakan tanaman jenis kubis-kubisan yang berasal dari Mediterania Timur atau Asia yang sudah dikenal sejak 2.000 tahun yang lalu. Tanaman kale mempunyai daun berwarna hijau atau ungu kebiruan (tergantung kultivar), dimana daun sejatinya tidak membentuk kepala. Tanaman kale dapat hidup pada daerah dengan suhu antara 23-35°C dengan kelembaban udara berkisar 80-90%. Tanaman kale tumbuh di daerah dataran tinggi dengan ketinggian 1000-3000 m dpl, namun dapat ditanam pada ketinggian 800 m dpl. Tanaman kale termasuk jenis tanaman kubis yang tahan terhadap suhu rendah, yaitu dapat hidup pada suhu (-15) – (-10)°C, namun juga bisa tahan terhadap suhu tinggi (Zulkarnain, 2013). Tanaman kale dapat hidup dengan baik dengan penyinaran panjang yaitu 14-16 jam, pH tanah 5,5 – 6,5. Tanaman kale toleran terhadap kekeringan atau dapat hidup pada lingkungan yang ketersediaan airnya terbatas (Direktorat Budidaya Tanaman Sayuran dan Biofarmaka, 2007).

Tanaman kale merupakan tanaman yang mempunyai nilai ekonomi yang tinggi karena kaya akan vitamin A dan C dan juga mengandung karbohidrat sekitar 10,14 g/100 g. Tanaman kale mengandung nutrisi yang sangat tinggi seperti  $\beta$ -karoten 6.40 mg/ 100 g, vitamin C 62,27 mg / 100 g, serat 8,39 g / 100 g serta mengandung senyawa polifenol pada tingkat rata-rata 574,9 mg chlorogenic acid / 100 g (Sikora and Bodziarczyk, 2012). Kale sangat cocok diolah menjadi beberapa makanan seperti *smoothies*, *juice*, dan makanan diet. Kandungan kimia pada daun kale terdapat pada (Tabel 2.1) sebagai berikut.

Tabel 2.1 Kandungan kimia pada daun kale

Kandungan	Rata-rata dan kisaran(%)
Bahan kering	11.85 (10.85-12.89)
Lemak	1.65 (0.87-2.77)
Protein	20.62 (15.00-24.56)
Selulosa	13.00 (7.40-18.62)
Gula total	6.81 (3.98-10.18)
Abu	13.82 (12.69-14.81)

Sumber: Sefo et.al.,. (2016).

Menurut Budi (2013), kedudukan tanaman kale dalam sistematik tumbuhan sebagai berikut.

Divisi : Sphermatophyta

Subdivisi: Angiospermae

Kelas: Dicotyledone

Famili: Cruciferae

Genus: Brassica

Spesies: *Brassica oleracea* var. *acephala*

## 2.2 Sistem Hidroponik

Hidroponik merupakan cara bercocok tanam tanpa menggunakan tanah sebagai media tumbuh. Menurut Lingga (1985), hidroponik dibagi menjadi 2 yaitu hidroponik substrat dan non substrat. Hidroponik substrat merupakan sistem hidroponik yang tidak menggunakan air sebagai media tanamnya, namun menggunakan media padat (selain tanah) yang dapat menyerap atau menyediakan nutrisi, air, dan oksigen yang dapat menggantikan fungsi tanah seperti batu apung, pasir, serbuk gergaji, atau gambut, sedangkan hidroponik non substrat merupakan sistem hidroponik yang menggunakan media air (kultur air). Kelebihan sistem hidroponik daripada bertani secara konvensional antara lain pertumbuhan sepenuhnya ke atas tanaman, produksi tanaman persatuan luas lebih banyak, tanaman tumbuh dengan cepat, pemakaian pupuk lebih hemat, pemakaian air lebih efisien, tenaga kerja yang diperlukan lebih sedikit, lingkungan kerja lebih bersih, kontrol air, hara dan pH lebih teliti, dan dapat mengurangi masalah hama dan penyakit pada tanaman (Istiqomah, 2012). Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap sistem tanam hidroponik antara lain media tanam, unsur hara, oksigen, dan air.

Media tanam dalam sistem budidaya secara hidroponik berfungsi sebagai penyangga tanaman agar tidak roboh dan juga digunakan untuk menjaga kelembaban, menyimpan air, dan dapat bersifat kapiler. Menurut Suryani (2015), salah satu media yang dapat digunakan dalam sistem budidaya hidroponik yaitu *rockwool*. *Rockwool* merupakan media anorganik yang mempunyai komponen

berbentuk granula yang berguna untuk menyerap dan meneruskan air sehingga mempunyai kapasitas memegang air yang tinggi. *Rockwool* dibuat dari batuan yang merupakan kombinasi dari batuan basalt, batu kapur, dan batu bara yang dipanaskan dalam suhu  $1.600^{\circ}\text{C}$  sehingga meleleh menjadi seperti lava, setelah itu batuan tersebut akan membentuk serat-serat yang kemudian didinginkan selanjutnya dipotong sesuai dengan kebutuhan. Beberapa keuntungan menggunakan media tanam *rockwool* dalam sistem hidroponik yaitu ramah lingkungan, tidak mengandung patogen penyebab penyakit, mampu menampung air hingga 14 kali kapasitas tampung tanah, meminimalisir penggunaan desinfektan, dan dapat mengoptimalkan peran pupuk.

Nutrisi merupakan faktor penting dalam budidaya secara hidroponik karena dapat meningkatkan kemampuan tumbuh tanaman, selain itu konsentrasi nutrisi yang tepat dapat menambah jumlah daun sehingga penyerapan cahaya dapat lebih optimal (Dewanti *et al.*, 2018). Larutan nutrisi yang digunakan yaitu menggunakan AB mix. Pembuatan larutan nutrisi dapat dilakukan dengan melarutkan AB mix A (83 gram) dan AB mix B (83 gram) dengan masing-masing kedalaman 500 ml air kemudian nutrisi disimpan pada wadah. Nutrisi dalam budidaya hidroponik sangat dibutuhkan oleh tanaman baik unsur hara makro maupun mikro. Unsur hara makro terdiri dari nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg) dan sulfur (S) sedangkan unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit yaitu mangan (Mn), cuprum (Cu), molibdin (Mo), Zincum (Zn) dan besi (Fe) (Alviani, 2015).

Faktor lain yang berpengaruh dalam budidaya tanaman secara hidroponik non substrat yaitu oksigen dan air. Keberadaan oksigen dalam sistem budidaya hidroponik sangat penting karena rendahnya oksigen menyebabkan permeabilitas membran sel menurun, sehingga dinding sel semakin sulit untuk ditembus dan menyebabkan tanaman kekurangan air. Tingkat oksigen pada pori-pori media mempengaruhi perkembangan rambut akar. Air yang digunakan harus mempunyai kualitas yang sesuai dengan pertumbuhan tanaman secara hidroponik yang mempunyai tingkat salinitas yang tidak melebihi 2.500 ppm, atau mempunyai nilai EC tidak lebih dari 6,0 mmhos/cm serta tidak mengandung logam-logam

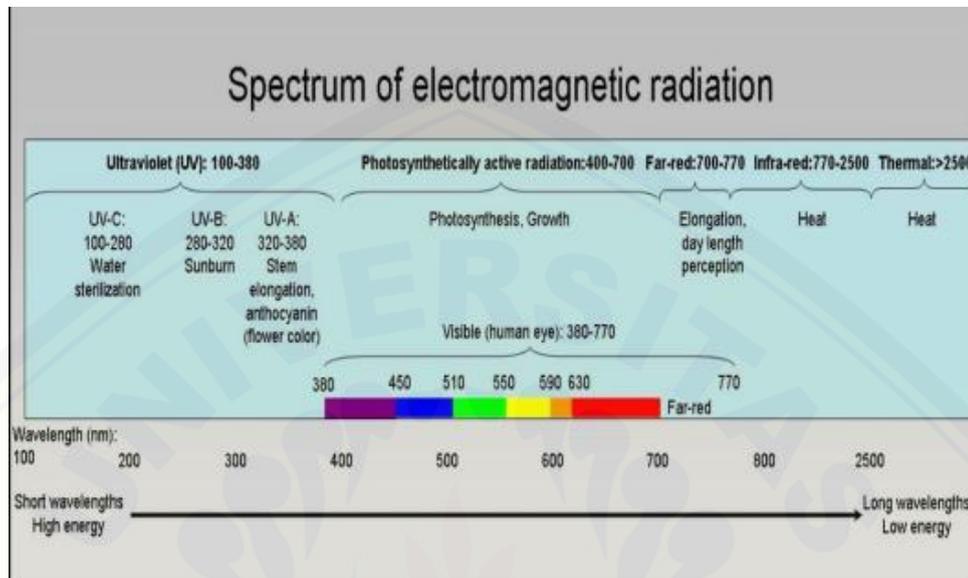
berat dalam jumlah besar karena dapat meracuni tanaman (Suryani, 2015).

Hidroponik sumbu tersirkulasi merupakan salah satu sistem hidroponik yang menggabungkan antara sistem hidroponik sumbu (*Wick System*) dan sistem hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT). Menurut Puspasari dkk. (2018), hidroponik sumbu (*Wick*) merupakan salah satu sistem hidroponik yang paling sederhana dengan menerapkan prinsip kerja kapilaritas dimana nutrisi mengalir ke dalam media pertumbuhan menggunakan sejenis sumbu yang biasanya menggunakan kain flanel. Keuntungan hidroponik sumbu yaitu semua tanaman dapat menyerap nutrisi yang sama karena berada pada wadah yang sama, namun sistem sumbu mempunyai kekurangan karena nutrisi tidak tersirkulasi sehingga rawan ditumbuhi lumut. NFT (*Nutrient Film Technique*) merupakan teknik hidroponik dimana aliran air mengalir mengandung semua nutrisi terlarut diperlukan untuk pertumbuhan tanaman. Menurut Roidah (2014), keuntungan sistem hidroponik NFT yaitu akar tanaman yang terkena kecukupan pasokan air, oksigen, dan nutrisi. Kelemahan dari sistem NFT yaitu sangat tergantung pada listrik sehingga dapat mengalami gangguan dalam aliran apabila terjadi pemadaman listrik (Hendra dan Andoko, 2014).

Hidroponik sumbu tersirkulasi mempunyai suatu kelebihan khusus yaitu larutan nutrisi dapat tersirkulasi serta volume larutan hara yang dibutuhkan sedikit. Kelebihan lain dari hidroponik sistem sumbu tersirkulasi antara lain larutan nutrisi dalam keadaan tersedia, terdapat sirkulasi untuk mencegah lumut, bersih dan mudah dikontrol, tanaman tumbuh dengan optimal, umur panen merupakan solusi untuk mengatasi kelemahan pada sistem hidroponik sumbu menjadi lebih singkat dan penggunaan nutrisi yang efisien serta dapat menjadi solusi dari kelemahan sistem sumbu (*Wick*) dan sistem hidroponik NFT. Menurut Kamalia dkk. (2017), hidroponik sistem sumbu tersirkulasi mampu mengoptimalkan pertumbuhan selada. Hidroponik sistem sumbu tersirkulasi memanfaatkan sirkulasi nutrisi sehingga memberikan asupan oksigen yang dibutuhkan perakaran tanaman dan menjaga suhu larutan nutrisi tetap sejuk sehingga penyerapan larutan nutrisi oleh tanaman tetap optimal.

### 2.3 Cahaya

Cahaya merupakan bagian dari gelombang elektromagnetik yang mempunyai kedudukan pada spektrum gelombang seperti berikut.



Gambar 2. 1. Spektrum cahaya matahari dan satuannya (Hernandez, 2012)

Berdasarkan gambar diatas, spektrum gelombang elektromagnetik meliputi gelombang radio dan televisi, gelombang mikro, gelombang inframerah, gelombang tampak (*visible light*), gelombang ultraviolet, sinar X, dan sinar gamma. Sinar yang dapat ditangkap oleh indera penglihatan yaitu sinar tampak (*visible light*) dengan panjang gelombang 380-770 nm sedangkan sinar yang dapat diterima dan digunakan tanaman untuk fotosintesis mempunyai panjang gelombang 400-700 nm. Sinar tampak yang memiliki panjang gelombang dan frekuensi berbeda menimbulkan warna yang berbeda antara lain merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila, dan ungu yang disebut dengan spektrum tampak. Spektrum cahaya yang memiliki panjang gelombang pendek memiliki daya tembus yang lebih dalam dibandingkan gelombang panjang (Hernandez, 2012).

Tabel 2.2 Spektrum radiasi elektromagnetik

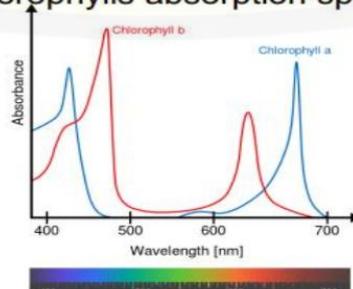
Warna	Panjang gelombang (nanometer)	Rata-rata energi ( $\text{Kj mol}^{-1}$ photon)
Ultraviolet	100-400	
UV-C	100-280	4771
UV-B	280-320	399
UV-A	320-400	332

Warna	Panjang Gelombang (nanometer)	Rata-rata energi (Kj mol <sup>-1</sup> photon)
Cahaya tampak	400-700	
Violet	400-425	290
Biru	425-490	274
Hijau	490-550	230
Kuning	550-585	212
Jingga	585-640	196
Merah	640-700	181
Far-red	700-740	166
Infra-red	>740	185

Sumber: Hopkins, 1999

Menurut Somianingsih (2018), tanaman yang kekurangan cahaya saat perkembangan maka akan menimbulkan gejala etiolasi, dimana batang kecambah akan tumbuh lebih cepat namun lemah dan daunnya berukuran kecil, tipis dan berwarna pucat (tidak hijau) yang disebabkan oleh tidak maksimalnya fungsi auksin untuk menunjang sel-sel tanaman. Sebaliknya, tanaman yang tumbuh ditempat yang terang menyebabkan tanaman tumbuh lebih lambat dengan kondisi relatif pendek, daun berkembang lebih lebar, lebih hijau, tampak segar dan batang kecambah lebih kokoh. Cahaya merupakan salah satu faktor penentu dalam proses metabolisme dan fotosintesis tanaman oleh karena itu cahaya dibutuhkan tanaman mulai dari proses perkecambahan biji sampai dewasa. Beberapa hal yang dipengaruhi oleh cahaya antara lain produksi klorofil, pembukaan dan penutupan stomata, pemanjangan daun, dan perkembangan akar. Tanaman mempunyai beberapa macam klorofil namun yang terbanyak yaitu klorofil a dan klorofil b. Berdasarkan (Gambar 2.2) absorbansi klorofil a dan klorofil b terjadi pada cahaya warna biru dan merah sehingga cahaya biru dan merah merupakan kebutuhan penting bagi tanaman dalam perkembangan luas daun dan peningkatan biomassa.

Chlorophylls absorption spectra



Gambar 2. 2 Spektrum absorpsi klorofil (Hernandez, 2012)

## 2.5 Pengaruh LED Terhadap Pertumbuhan Tanaman

Menurut Nurdianna dkk, (2018), lampu LED terdiri dari bahan semikonduktor yang dapat mengeluarkan gelombang cahaya yang dapat dilihat oleh manusia dan memancarkan dalam jumlah yang besar. Semikonduktor merupakan material yang dapat bertindak sebagai konduktor dan isolator. Cahaya lampu LED lebih efisien daripada lampu *fluorescent* atau *incandescent*. LED monokromatik dapat digunakan untuk *supplemental lighting* dalam *Green House* dan diharapkan dapat bekerja dengan baik untuk melengkapi spektrum cahaya ketika tingkat cahaya matahari rendah. Intensitas cahaya matahari saat musim kemarau rata-rata 45.000 lux sedangkan pada saat musim hujan hanya 10.400 lux (Ginting, 2010). Menurut Lindawati dkk. (2015), pemberian cahaya tambahan dengan menggunakan LED dapat meningkatkan pertumbuhan selada keriting dan selada *lollo rossa*.

Menurut Restiani dkk. (2015), pertumbuhan tanaman akan optimal apabila dibantu oleh penyinaran yang menggunakan panjang gelombang dan lama penyinaran dari jenis lampu yang sesuai. Intensitas cahaya yang baik berasal dari lampu yang mempunyai *fluorescent* antara 1.000 – 4.000 Lux. Menurut Vandre (2008), tanaman sayur umumnya akan tumbuh secara optimal dengan sinar 15 sampai 20 W/ft<sup>2</sup> atau setara dengan 161 – 215 W/m<sup>2</sup> dan berdasarkan pengukuran, lampu LED mempunyai intensitas cahaya antara 28100 – 31300 Lux. Menurut Hernandez and Kubota (2014), penambahan cahaya LED dengan PPF (*Photosynthesis Photon Flux*) 5,3-16,2 mol m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup> mampu meningkatkan massa kering, masa segar, jumlah daun, dan klorofil pada tanaman mentimun sebesar 21%, 13%, 4%, dan 26% sementara penambahan cahaya LED dengan PPF 1,2-5,2 mol m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup> meningkat sebesar 32%, 22%, 10%, dan 21% dibanding tanpa penambahan cahaya LED.

LED berasal dari bahan semikonduktor sehingga gelombang warna yang dihasilkan juga tergantung pada bahan semikonduktor yang digunakan. Cahaya merah dan biru merupakan spektrum cahaya yang paling bermanfaat bagi tanaman dimana cahaya merah dan biru merupakan spektrum yang mampu menyerap pigmen fotosintesis pada daun hingga 90% serta mempengaruhi laju fotosintesis,

fisiologi, dan pertumbuhan tanaman (Nguyen *et.al*, 2019). Cahaya merah mampu menstimulasi vegetatif dan pembungaan, namun apabila mendapatkan cahaya merah terlalu banyak akan menyebabkan tanaman menjadi lebih tinggi dan ramping sedangkan cahaya biru berfungsi untuk menjaga laju pertumbuhan tanaman. Menurut Nurunisa dkk (2018), penyinaran menggunakan cahaya merah menyebabkan pertambahan panjang daun terbesar pada tanaman anggrek sementara penyinaran menggunakan cahaya biru menghasilkan densitas stomata terbesar. Menurut penelitian Muneer *et.al* (2014), penggunaan LED biru dengan intensitas tinggi yaitu  $238 \text{ umol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman selada melalui peningkatan protein kloroplas yang dapat meningkatkan kinerja fotosintesis dibandingkan dengan LED merah dan hijau.

Lama penyinaran pada tanaman berhubungan dengan fotoperiode tanaman. Fotoperiode tanaman merupakan perbandingan antara lama penyinaran matahari pada waktu siang dan malam hari. Berdasarkan tanggapan terhadap fotoperiode, tanaman dibedakan menjadi 3, yaitu tanaman hari panjang (*long day plants*), tanaman hari pendek (*short day plants*), dan tanaman hari netral (*neutral day plants*). Panjang hari sering dihubungkan dengan pembungaan, namun sebenarnya banyak aspek pertumbuhan tanaman yang dipengaruhi oleh panjang hari seperti pembentukan umbi, dormansi benih, perkecambahan biji, pertumbuhan tanaman secara keseluruhan seperti pembentukan anakan, percabangan, dan pertumbuhan memanjang (Sutoyo, 2011). Lama penyinaran tambahan selama 3 jam menggunakan lampu LED mempunyai pengaruh yang sama dengan perlakuan tanpa tambahan penyinaran yaitu dengan penyinaran matahari saja (Suhandoko dkk, 2018). Menurut Alamsjah dkk (2010), lama penyinaran terbaik terhadap laju pertumbuhan berat *Gracilaria verrucosa* adalah 16 jam sedangkan pemberian cahaya selama 24 jam menyebabkan laju pertumbuhan paling rendah.

Daya merupakan kecepatan untuk melakukan usaha atau banyaknya perubahan tenaga terhadap waktu dalam besaran tegangan dan arus yang dinyatakan dalam satuan Watt atau *Horsepower* (HP). *Horsepower* merupakan satuan daya listrik dimana 1 HP setara dengan 746 Watt atau lbft/second. Daya

lampu yang digunakan sebagai penambah cahaya juga penting karena daya lampu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat, hal ini sesuai dengan penelitian Haryadi dkk (2017), yang menyatakan bahwa perlakuan menggunakan cahaya lampu 15 watt pada pertumbuhan tanaman pandan cenderung lebih lambat dibanding dengan tanaman pandan yang diberikan perlakuan pada ruang gelap. Menurut Widodo dkk. (2016), lampu LED 3 Watt menghasilkan fluks cahaya 250 lm dengan efikasi sebesar 83 Lm/W sedangkan lampu LED 4 Watt menghasilkan Fluks Cahaya sebesar 350 Lm dan efikasi sebesar 88 Lm/W.

## 2.6 Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah, maka hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Terdapat keterkaitan pengaruh perbedaan spektrum cahaya dan lama penyinaran menggunakan LED sebagai penambah cahaya terhadap pertumbuhan dan hasil produksi tanaman kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) dalam sistem hidroponik.
2. Terdapat spektrum cahaya dan lama penyinaran menggunakan LED yang terbaik sebagai penambah cahaya terhadap pertumbuhan dan hasil produksi tanaman kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) dalam sistem hidroponik.

### BAB 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai 25 Oktober – 30 Desember 2020 di *Green House* Sayuran Hidroponik Kebun UPT Agrotechnopark dan Laboratorium Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jember.

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian antara lain: pompa air, kayu, perangkat hidroponik, sprayer, selang, timbangan digital, nampan, bak, gelas ukur, gunting, penggaris/meteran, tali rafia, lakban, tripleks, timer, kabel, amplop, kamera digital, TDS meter, Lux meter, pH meter, lampu LED warna merah, biru, dan merah biru masing-masing 6 Watt, *klorofilmeter* SPAD 502, dan ATK.

##### 3.2.3 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain: benih tanaman kale Nero Toscana (*Brassica oleracea* var. *acephala*), netpot 7 cm, *rockwool*, kain flanel, air, dan nutrisi hidroponik AB mix komersial (sesuai dosis).

#### 3.3 Rancangan Percobaan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari satu faktor perlakuan dan diaplikasikan pada tanaman kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) yang diulang sebanyak 4 kali. Faktor perlakuan tersebut terdiri dari 10 taraf antara lain:

- L0 = Tanpa penambahan spektrum cahaya dan lama penyinaran (kontrol)
- LM4 = Penambahan spektrum cahaya merah selama 4 jam
- LM5 = Penambahan spektrum cahaya merah selama 5 jam
- LM6 = Penambahan spektrum cahaya merah selama 6 jam
- LB4 = Penambahan spektrum cahaya biru selama 4 jam
- LB5 = Penambahan spektrum cahaya biru selama 5 jam

LB6 = Penambahan spektrum cahaya biru selama 6 jam

LMB4 = Penambahan spektrum cahaya merah dan biru selama 4 jam

LMB5 = Penambahan spektrum cahaya merah dan biru selama 5 jam

LMB6 = Penambahan spektrum cahaya merah dan biru selama 6 jam

Susunan perlakuan dalam penelitian ini dapat dilihat dari *layout* sebagai berikut:

L0	LM4	LM5	LM6	LB4	LB5	LB6	LMB4	LMB5	LMB6
L0U2	LM4U3	LM5U4	LM6U4	LB4U3	LB5U3	LB6U2	LMB4U3	LMB5U1	LMB6U4
L0U3	LM4U1	LM5U2	LM6U3	LB4U1	LB5U2	LB6U3	LMB4U4	LMB5U2	LMB6U1
L0U4	LM4U4	LM5U3	LM6U1	LB4U2	LB5U1	LB6U1	LMB4U1	LMB5U4	LMB6U2
L0U1	LM4U2	LM5U1	LM6U2	LB4U4	LB5U4	LB6U4	LMB4U2	LMB5U3	LMB6U3

Terdapat 10 perlakuan dalam penelitian dimana setiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali sehingga jumlah total keseluruhan adalah 40 tanaman. Melakukan penyinaran menggunakan lampu LED saat tanaman pindah tanaman pada media yang disediakan yaitu pada media hidroponik. Pengamatan dilakukan setiap minggu yang terdiri dari pengamatan lingkungan, pengamatan larutan nutrisi, pengamatan pertumbuhan vegetatif tanaman, dan pengamatan hasil panen.

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

#### a. Pembuatan Sistem Hidroponik

Sistem hidroponik yang dipakai yaitu sistem hidroponik sumbu tersirkulasi. Instalasi hidroponik dibuat dengan menggunakan 4 pipa dengan masing-masing pipa mempunyai panjang 2 meter dan selang untuk mengalirkan nutrisi dari wadah nutrisi ke rak tanam, lalu kembali lagi ke wadah nutrisi yang dilengkapi dengan penyangga kayu untuk menegakkan instalasi hidroponik dan wadah penampung nutrisi berupa bak atau tandon. Sistem hidroponik menggunakan netpot dengan menggunakan media *rockwool*. Penggunaan kain flanel berfungsi untuk menyalurkan nutrisi dari wadah ke tanaman sehingga tanaman dapat menyerap nutrisi yang dialirkan. Wadah yang digunakan untuk nutrisi yaitu menggunakan bak.

#### b. Pembuatan Kotak Ruang Tanaman

Pembuatan kotak ruang tanaman terbuat dari kerangka kayu yang digunakan sebagai tempat menopang lampu LED dan disekat dengan tripleks agar cahaya lain tidak masuk ke dalam ruang penanaman.

#### c. Pembibitan

Proses pembibitan tanaman kale dilakukan dengan cara penyemaian benih kale pada *rockwool* yang sudah direndam ke dalam air selama 2 jam, kemudian menanam benih ke dalam *rockwool* yang sudah diberi lubang. Proses selanjutnya yaitu dengan melakukan perawatan dengan cara menyiram bibit menggunakan air hingga bibit berumur 1-10 hari setelah semai. Selanjutnya setelah bibit berumur lebih dari 11 hari akan dilakukan penyiraman dengan menggunakan larutan nutrisi dengan konsentrasi 300-500 ppm. Perawatan terhadap bibit tanaman kale sampai memiliki 3-4 helai daun yaitu bibit berumur 15-20 hari setelah semai dan kemudian dipindah tanamkan.

#### d. Pembuatan Larutan Nutrisi

Larutan nutrisi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu AB Mix yang diawali membuat stok nutrisi A dan stok nutrisi B dengan cara melarutkan nutrisi A dan B masing-masing dalam 500 ml air sampai larut, kemudian menambahkan air menjadi 1 liter. Hal yang sama dilakukan pada larutan stok B. Larutan stok nutrisi A dan stok nutrisi B tersebut dimasukkan ke dalam botol yang sudah disediakan.

#### e. Pemindahan Bibit dan Penanaman

Kegiatan pemindahan bibit dilakukan ketika bibit tanaman kale telah berumur cukup yaitu 20 hari setelah semai dengan memiliki 3-4 helai daun. Proses pemindahan bibit dilakukan dengan cara memindahkan bibit beserta *rockwool* ke dalam netpot beserta sumbu yang telah disediakan. Menempatkan bibit tersebut di atas larutan nutrisi hidroponik pada instalasi.

#### f. Penempatan Lampu LED di atas tanaman

Lampu LED berwarna merah, biru, dan merah biru ditempatkan tepat di atas instalasi tanaman kale dengan mengatur ketinggian lampu dengan jarak 60 cm dan mengatur *timer* lampu LED menyala selama 4 jam, 5 jam, dan 6 jam yaitu

pada pukul 18.00-24.00 WIB.

g. Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman kale dilakukan dengan cara penyiraman, penyulaman, penggantian larutan nutrisi, melakukan penyiangan (untuk menghindari gulma), pengendalian hama penyakit serta pengukuran konsentrasi nutrisi dan melakukan pengukuran intensitas cahaya, suhu, dan tinggi tanaman. Penyulaman dilakukan pada tanaman yang mati atau tumbuh secara abnormal dengan cara mengambil dari tanaman sulaman yang telah disediakan yang memiliki umur yang sama.

h. Panen

Pemanenan tanaman kale dapat dilakukan setelah berumur 40-45 hari setelah tanam. Ciri-ciri tanaman kale yang dapat dipanen yaitu memiliki tinggi tanaman yang cukup untuk dipanen dan memiliki jumlah daun minimal 8 helai per tanaman.

### 3.5 Variabel Pengamatan

1. Tinggi Tanaman (cm)

Data pengukuran tinggi tanaman dilakukan dengan cara mengukur tinggi tanaman dengan menggunakan penggaris yang dihitung dari pangkal batang hingga ujung daun terpanjang. Tujuan pengamatan ini yaitu untuk mengetahui pertumbuhan tanaman kale.

2. Laju Pertumbuhan Tinggi Tanaman (cm/hari)

Laju pertumbuhan tinggi tanaman diukur dengan melakukan pengukuran tinggi tanaman pada dua selang waktu, yaitu pada minggu ke-3 dan minggu ke-6 setelah tanam. Pengukuran tinggi tanaman dilakukan dengan menggunakan penggaris, dimulai dari pangkal batang hingga ujung daun terpanjang. Berdasarkan hasil kedua pengukuran tersebut dilanjutkan dengan memasukkannya ke dalam persamaan:

$$\text{Laju Pertumbuhan Tinggi Tanaman (LPTT)} = T2 - T1 / t$$

Keterangan:

T1 = Tinggi tanaman minggu ke-3 setelah tanam (cm)

T2 = Tinggi tanaman minggu ke-6 setelah tanam (cm)

t = Interval waktu

3. Jumlah Daun per Tanaman (helai)

Data jumlah daun diperoleh dengan cara menghitung jumlah daun yang ada pada setiap tanaman yang telah terbuka sempurna. Tujuan pengamatan ini yaitu untuk mengetahui jumlah daun yang terbentuk.

4. Kandungan Klorofil Daun ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ )

Kandungan klorofil dihitung dengan menggunakan alat *Chlorophyllmeter* SPAD 502 dengan cara menjepit daun tanaman pada daun ke 3, 5, dan 7 pada tanaman yang dilakukan sebelum pemanenan. Tujuan pengamatan ini yaitu untuk mengetahui tingkat kehijauan daun. Menurut Markwell *et al.*, (1995), rumus penghitungan klorofil yaitu  $10^{(M^{0,265})}$ , dimana :

10 = luas area yang terkena alat

M = nilai yang tertera pada alat

0,265 = konstanta

5. Berat Tajuk Tanaman (g)

Mengukur berat tajuk tanaman dilakukan dengan cara memotong bagian akar tanaman kemudian menimbang bagian batang dan daun kale menggunakan timbangan digital. Tujuan pengamatan ini yaitu untuk mengetahui hasil aktivitas metabolik tanaman.

6. Berat Segar Tanaman (g)

Data berat segar tanaman diperoleh dengan cara menimbang seluruh bagian tanaman setelah pemanenan menggunakan timbangan digital. Tujuan pengamatan ini yaitu untuk mengetahui kandungan air dan fotosintat dalam tanaman.

7. Berat Kering Tajuk Tanaman (g)

Data berat kering tajuk tanaman diperoleh dengan cara mengering anginkan batang dan daun tanaman sampai layu kemudian memasukkannya ke dalam oven selama  $\pm 24$  jam dengan suhu  $80^\circ\text{C}$ . Pengukuran berat kering tajuk tanaman dilakukan dengan menggunakan timbangan digital. Tujuan

pengamatan ini yaitu untuk mengetahui jumlah biomassa yang diserap oleh tanaman.

#### 8. Berat Kering Tanaman (g)

Data berat kering tanaman lakukan setelah panen dengan cara mengering anginkan seluruh bagian tanaman sampai layu kemudian memasukkannya ke dalam oven selama  $\pm 24$  jam dengan suhu  $80^{\circ}\text{C}$ . Pengukuran berat kering tanaman dilakukan dengan menggunakan timbangan digital. Tujuan pengamatan ini yaitu untuk mengetahui kandungan fotosintat pada tanaman.

### 3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh akan dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) dan selanjutnya perlakuan yang pengaruhnya nyata akan dianalisis lanjut menggunakan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) atau *Tukey Honestly Significant Different* (HSD) dengan taraf 5%.

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil

Berdasarkan hasil analisis data diketahui bahwa perbedaan spektrum cahaya LED dan lama penyinaran berbeda sangat nyata terhadap variabel tinggi tanaman, laju pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah daun, kandungan klorofil daun, berat tajuk tanaman, berat segar tanaman, berat kering tajuk tanaman, dan kandungan berat kering tanaman. Rangkuman hasil analisis data pada setiap variabel pengamatan dapat dilihat pada (Tabel 4.1) berikut ini,

Tabel 4.1. Rangkuman nilai F-hitung hasil analisis ragam pada semua variabel pengamatan

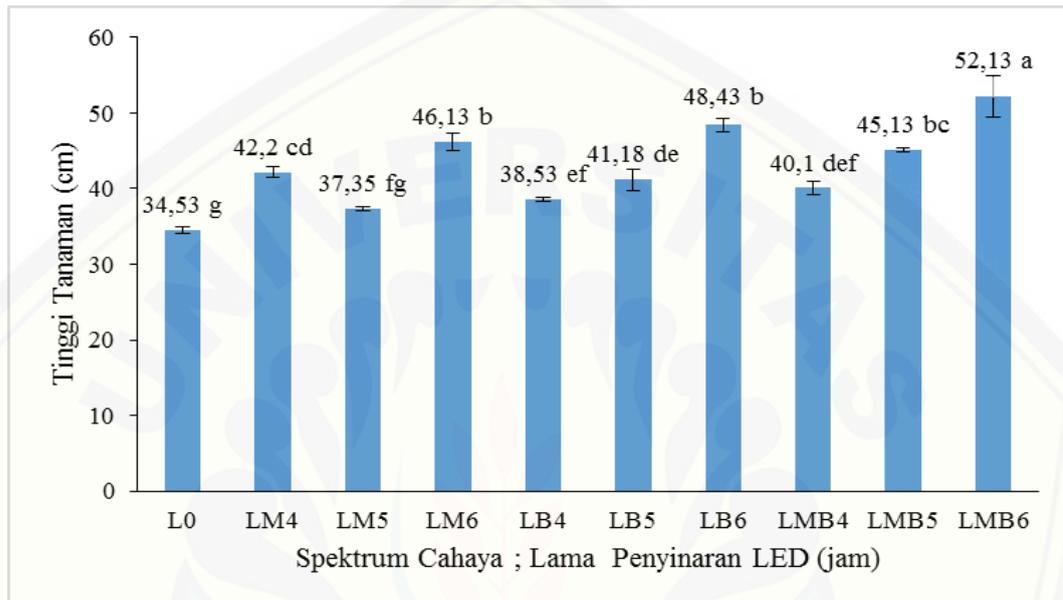
No.	Variabel Pengamatan	Nilai F-hitung
1.	Tinggi Tanaman (cm)	22,08**
2.	Laju Pertumbuhan Tinggi Tanaman (cm/hari)	9,05**
3.	Jumlah Daun (helai)	13,20**
4.	Kandungan Klorofil Daun ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ )	21,39**
5.	Berat Tajuk Tanaman (g)	28,77**
6.	Berat Segar Tanaman (g)	27,85**
7.	Berat Kering Tajuk Tanaman (g)	22,44**
8.	Berat Kering Tanaman (g)	19,32**

Keterangan: \*\*Berbeda sangat nyata, \*Berbeda nyata, <sup>ns</sup>Tidak berbeda nyata

#### 4.1.1 Tinggi Tanaman

Pengaruh spektrum cahaya dan lama penyinaran menggunakan LED memberikan hasil rata-rata tinggi tanaman terbaik pada penambahan spektrum cahaya merah biru dengan lama penyinaran 6 jam (LMB6) yaitu 52,13 cm sedangkan rata-rata terendah terdapat pada kontrol (L0) yaitu 34,53 cm. Rata-rata tinggi tanaman pada perlakuan terbaik yaitu penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam meningkat 66,24% dibandingkan dengan kontrol. Berdasarkan Uji BNJ 5%, perlakuan penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam (LMB6) memiliki rata-rata tinggi tanaman tertinggi dimana perlakuan tersebut menunjukkan pengaruh berbeda nyata terhadap taraf lainnya. Perlakuan kontrol memiliki rata-rata tinggi tanaman terendah dimana perlakuan tersebut menunjukkan pengaruh berbeda tidak nyata dengan penambahan spektrum merah

selama 5 jam (LM5) namun berbeda nyata dengan taraf yang lainnya. Hasil uji BNJ 5% tersebut juga menunjukkan bahwa perlakuan penambahan cahaya merah biru selama 6 jam direkomendasikan untuk meningkatkan tinggi tanaman kale yang optimal. Hasil pengaruh perbedaan spektrum cahaya dan lama penyinaran LED terhadap tinggi tanaman kale disajikan pada (Gambar 4.1) sebagai berikut:



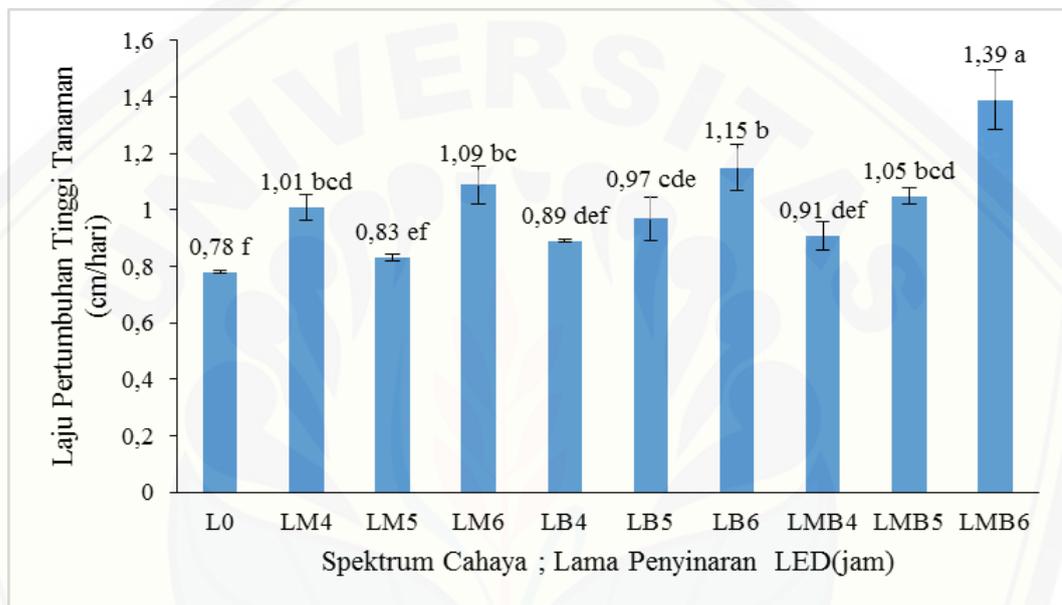
Gambar 4.1. Pengaruh perbedaan spektrum cahaya dan lama penyinaran LED terhadap tinggi tanaman kale

*Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan hasil berbeda tidak nyata pada Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan taraf nyata 5%.*

#### 4.1.2 Laju Pertumbuhan Tinggi Tanaman

Hasil pengukuran perbedaan spektrum cahaya dan lama penyinaran LED terhadap laju pertumbuhan tinggi tanaman memberikan rata-rata tertinggi pada penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam (LMB6) yaitu 1,39 cm/hari sedangkan rata-rata terendah terdapat pada perlakuan kontrol (L0) yaitu 0,79 cm/hari. Rata-rata laju pertumbuhan tinggi tanaman pada perlakuan terbaik yaitu penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam meningkat 56,12% dibandingkan dengan kontrol. Berdasarkan hasil uji BNJ 5%, penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam memiliki laju pertumbuhan tinggi tanaman tertinggi dimana perlakuan tersebut menunjukkan berbeda nyata dengan taraf yang lainnya. Perlakuan kontrol memiliki laju pertumbuhan tinggi tanaman

terendah dan menunjukkan berbeda tidak nyata dengan penambahan spektrum cahaya merah selama 5 jam (LM5), biru selama 4 jam (LB4), dan merah biru selama 4 jam (LMB4) namun berbeda nyata taraf yang lainnya. Hasil uji BNJ 5% juga menunjukkan penambahan spektrum cahaya merah biru direkomendasikan untuk meningkatkan laju pertumbuhan tinggi tanaman kale. Hasil pengaruh perbedaan spektrum cahaya dan lama penyinaran LED terhadap laju pertumbuhan tinggi tanaman kale disajikan pada (Gambar 4.2) sebagai berikut.



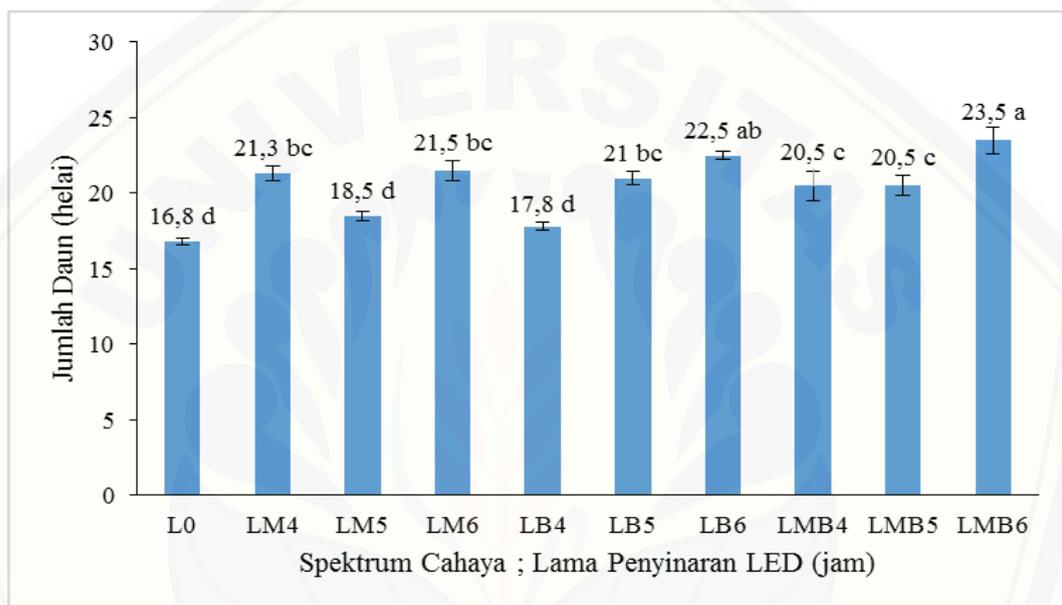
Gambar 4.2 Pengaruh perbedaan spektrum cahaya dan lama penyinaran LED terhadap laju pertumbuhan tinggi tanaman kale

*Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan hasil berbeda tidak nyata pada Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan taraf nyata 5%.*

#### 4.1.3 Jumlah Daun

Pengaruh spektrum cahaya dan lama penyinaran menggunakan LED memberikan hasil rata-rata jumlah daun tertinggi pada penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam (LMB6) yaitu 23,5 helai sedangkan hasil rata-rata jumlah daun terendah terdapat pada perlakuan kontrol (L0) yaitu 16,8 helai. Rata-rata jumlah daun pada perlakuan terbaik yaitu penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam meningkat 71,49% dibandingkan dengan kontrol. Berdasarkan uji beda nyata jujur 5%, penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam (LMB6) memiliki rata-rata jumlah daun tertinggi dimana perlakuan

tersebut menunjukkan berbeda tidak nyata dengan penambahan spektrum cahaya biru selama 6 jam (LB6). Perlakuan kontrol memiliki rata-rata jumlah daun terendah menunjukkan tidak berbeda nyata dengan penambahan spektrum cahaya merah selama 5 jam dan penambahan spektrum cahaya biru selama 4 jam namun berbeda nyata dengan taraf yang lainnya. Hasil pengaruh perbedaan spektrum cahaya dan lama penyinaran LED terhadap jumlah daun tanaman kale disajikan pada (Gambar 4.3) sebagai berikut.



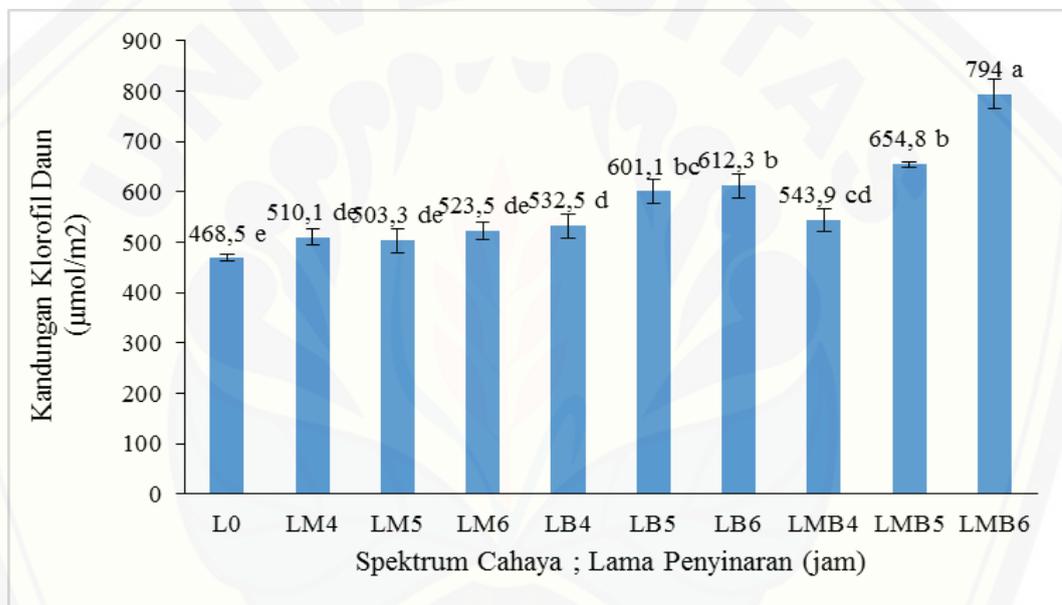
Gambar 4.3 Pengaruh perbedaan spektrum cahaya dan lama penyinaran terhadap jumlah daun tanaman kale

*Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan hasil berbeda tidak nyata pada Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan taraf nyata 5%.*

#### 4.1.4 Kandungan Klorofil Daun

Pengaruh spektrum cahaya dan lama penyinaran terhadap kandungan klorofil daun memberikan rata-rata tertinggi pada perlakuan penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam (LMB6) yaitu  $794 \mu\text{mol}/\text{m}^2$  sedangkan rata-rata terendah terdapat pada perlakuan kontrol (L0) yaitu  $468,5 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ . Rata-rata kandungan klorofil daun pada perlakuan terbaik yaitu penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam meningkat 59% dibandingkan dengan kontrol. Berdasarkan hasil uji beda nyata jujur 5%, perlakuan penambahan cahaya merah biru selama 6 jam (LMB6) memiliki kandungan klorofil daun tertinggi

yang menunjukkan perlakuan tersebut berbeda nyata dengan taraf yang lainnya. Perlakuan kontrol memiliki kandungan klorofil daun terendah yang menunjukkan berbeda tidak nyata dengan penambahan spektrum cahaya merah selama 4 jam, 5 jam, dan 6 jam namun berbeda nyata dengan taraf yang lainnya. Hasil uji BNJ 5% juga menunjukkan penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam direkomendasikan untuk meningkatkan kandungan klorofil daun pada tanaman kale. Hasil pengaruh perbedaan spektrum cahaya dan lama penyinaran LED terhadap kandungan klorofil daun tanaman kale disajikan pada (Gambar 4.4) sebagai berikut.



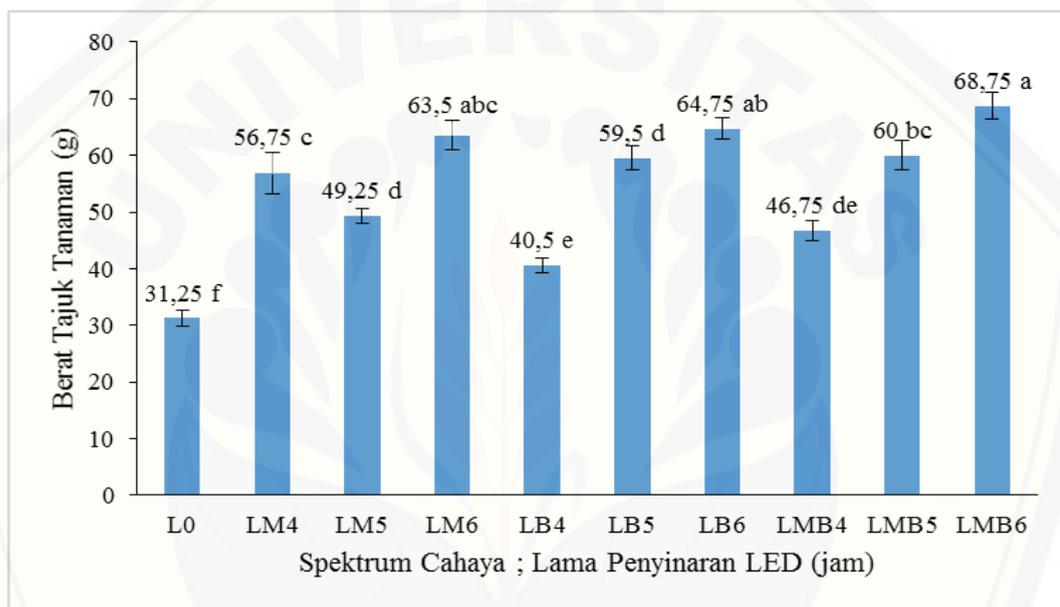
Gambar 4.4 Pengaruh perbedaan spektrum cahaya dan lama penyinaran LED terhadap kandungan klorofil daun tanaman kale

*Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan hasil berbeda tidak nyata pada Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan taraf nyata 5%.*

#### 4.1.5 Berat Tajuk Tanaman

Pengaruh spektrum cahaya dan lama penyinaran pada hasil berat tajuk tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam (LMB6) dengan rata-rata 68,75 g sedangkan hasil berat tajuk tanaman terendah terdapat pada perlakuan kontrol (L0) yaitu 31,25 g. Rata-rata berat tajuk tanaman pada perlakuan terbaik yaitu penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam meningkat 45,45% dibandingkan dengan kontrol. Hasil

uji BNJ 5%, menunjukkan bahwa perlakuan penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam memiliki berat tajuk tertinggi namun perlakuan tersebut menunjukkan berbeda tidak nyata dengan penambahan spektrum cahaya biru selama 6 jam dan penambahan spektrum cahaya merah selama 6 jam. Perlakuan kontrol memiliki berat tajuk terendah dimana perlakuan tersebut menunjukkan berbeda nyata dengan taraf yang lainnya. Hasil pengaruh perbedaan spektrum cahaya dan lama penyinaran LED terhadap hasil berat tajuk tanaman kale hidroponik disajikan pada (Gambar 4.5) sebagai berikut.



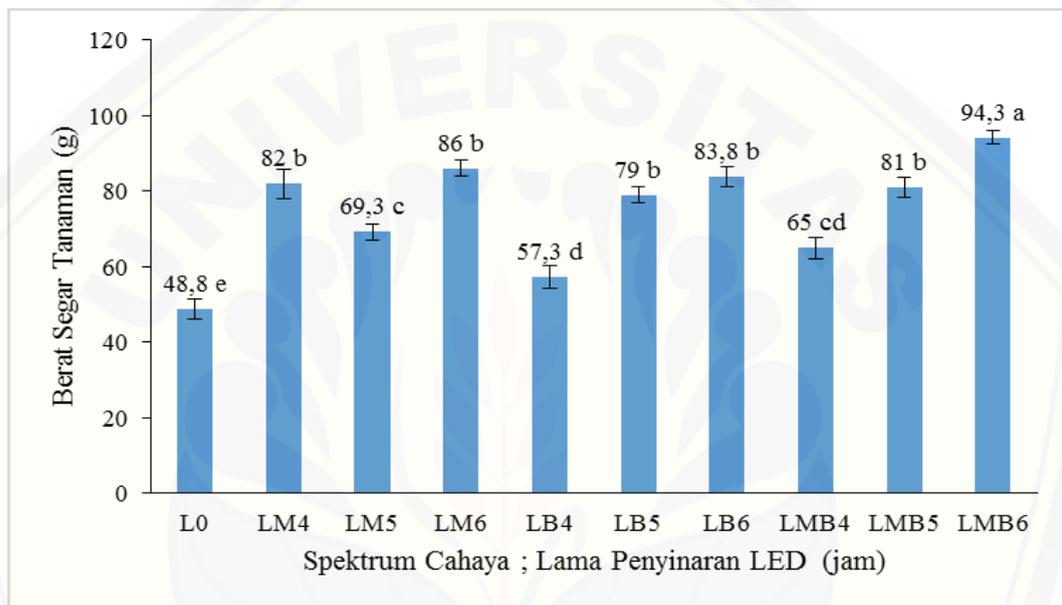
Gambar 4.5 Pengaruh perbedaan spektrum cahaya dan lama penyinaran LED terhadap hasil berat tajuk tanaman kale

*Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan hasil berbeda tidak nyata pada Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan taraf nyata 5%.*

#### 4.1.6 Berat Segar Tanaman

Pengaruh spektrum cahaya dan lama penyinaran menggunakan LED memberikan rata-rata berat segar tanaman tertinggi pada penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam (LMB6) yaitu 94,3 g sedangkan hasil berat segar terendah terdapat pada perlakuan kontrol (L0) yaitu 48,8 g. Rata-rata berat segar tanaman pada perlakuan terbaik yaitu penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam meningkat 51,75% dibandingkan dengan kontrol. Berdasarkan uji BNJ 5%, perlakuan penambahan cahaya merah biru selama 6 jam memiliki rata-

rata berat segar tanaman tertinggi dimana perlakuan tersebut berbeda nyata dengan taraf yang lainnya. Perlakuan kontrol memiliki berat segar terendah yang menunjukkan perlakuan tersebut berbeda nyata dengan taraf yang lainnya. Hasil uji BNJ 5% juga menunjukkan perlakuan penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam direkomendasikan untuk meningkatkan berat segar tanaman kale. Hasil pengaruh perbedaan spektrum cahaya dan lama penyinaran LED terhadap berat segar tanaman kale disajikan pada (Gambar 4.6) sebagai berikut.



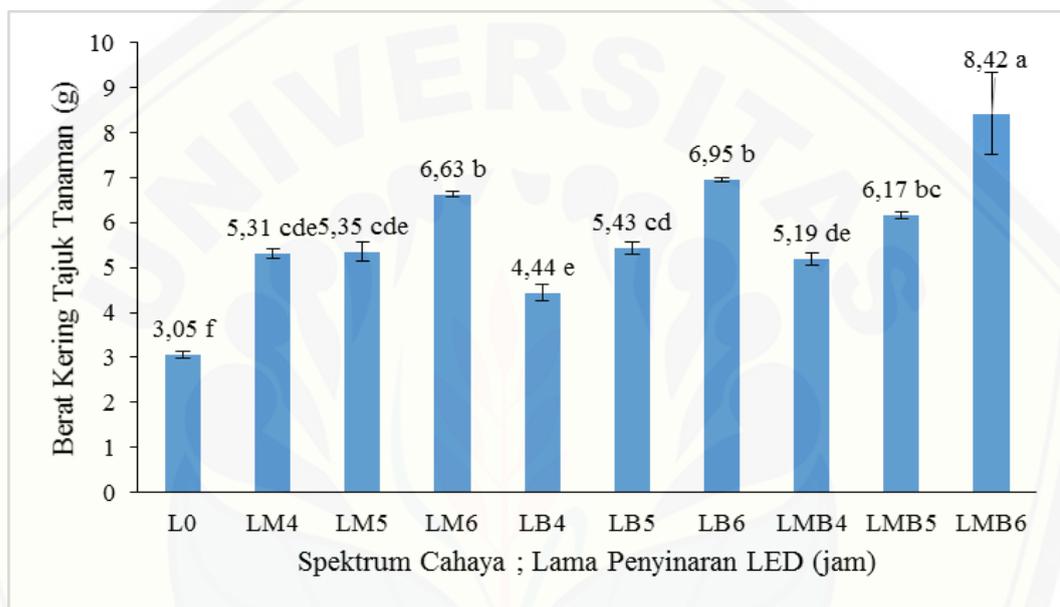
Gambar 4.6 Pengaruh perbedaan spektrum cahaya dan lama penyinaran terhadap berat segar tanaman kale

*Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan hasil berbeda tidak nyata pada Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan taraf nyata 5%.*

#### 4.1.7 Berat Kering Tajuk Tanaman

Pengaruh spektrum cahaya dan lama penyinaran terhadap berat kering tajuk tanaman memberikan rata-rata tertinggi pada penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam (LMB6) yaitu 8,42 g sedangkan rata-rata terendah terdapat pada perlakuan kontrol (L0) yaitu 3,05 g. Rata-rata berat kering tajuk tanaman pada perlakuan terbaik yaitu penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam meningkat 36,22% dibandingkan dengan kontrol. Berdasarkan hasil uji beda nyata jujur 5%, penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam (LMB6) memiliki rata-rata berat kering tajuk tertinggi yang menunjukkan perlakuan

tersebut berbeda nyata dengan perlakuan yang lainnya. Perlakuan kontrol memiliki berat kering tajuk terendah dimana perlakuan tersebut berbeda nyata dengan perlakuan yang lainnya. Hasil uji BNJ 5% juga menunjukkan penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam direkomendasikan untuk meningkatkan berat kering tajuk tanaman kale. Hasil pengaruh perbedaan spektrum cahaya dan lama penyinaran LED terhadap berat kering tajuk tanaman kale disajikan pada (Gambar 4.7) sebagai berikut.



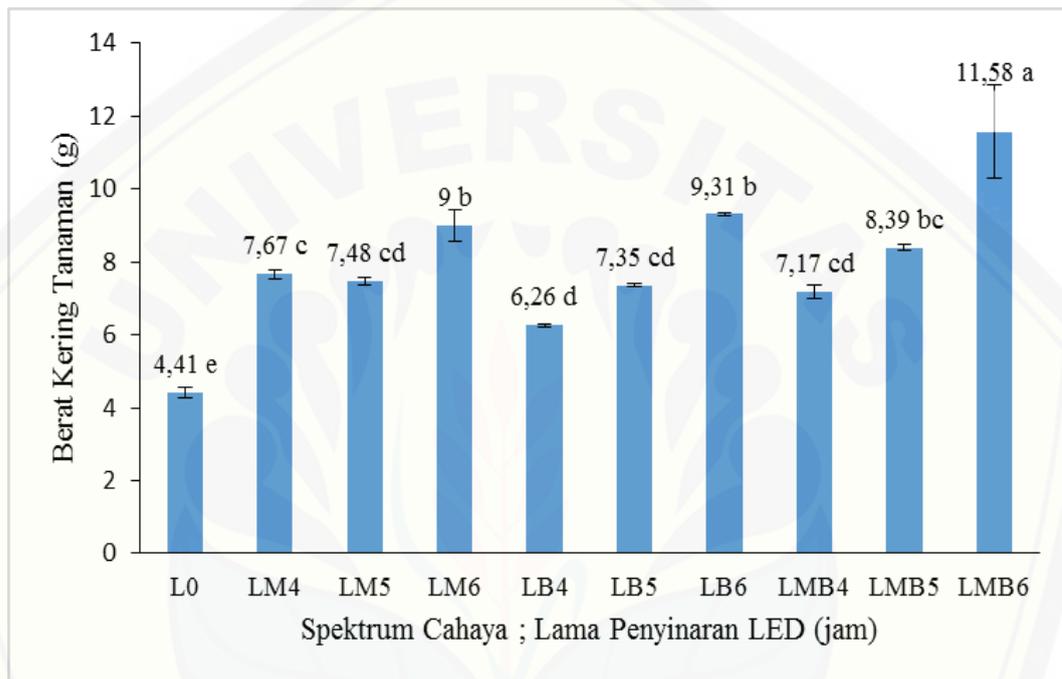
Gambar 4.7 Pengaruh perbedaan spektrum cahaya dan lama penyinaran LED terhadap berat kering tajuk tanaman kale

*Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan hasil berbeda tidak nyata pada Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan taraf nyata 5%.*

#### 4.1.8 Berat Kering Tanaman

Pengaruh spektrum cahaya dan lama penyinaran pada berat kering tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam (LMB6) yaitu 11,58 g sedangkan hasil berat kering terendah terdapat pada kontrol (L0) yaitu 4,41 g. Rata-rata berat kering tanaman pada perlakuan terbaik yaitu penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam meningkat 38,08% dibandingkan dengan kontrol. Berdasarkan hasil uji beda nyata jujur 5%, penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam (LMB6) memiliki berat kering tertinggi yang menunjukkan perlakuan tersebut berbeda

nyata dengan taraf yang lainnya. Perlakuan kontrol memiliki rata-rata berat kering terendah dimana perlakuan tersebut berbeda nyata dengan taraf yang lainnya. Hasil uji BNJ 5% juga menunjukkan penambahan cahaya merah biru selama 6 jam direkomendasikan untuk meningkatkan berat kering tanaman kale. Hasil pengaruh perbedaan spektrum cahaya dan lama penyinaran LED terhadap hasil berat kering tanaman kale disajikan pada (Gambar 4.8) sebagai berikut.



Gambar 4.8 Pengaruh perbedaan spektrum cahaya dan lama penyinaran LED terhadap hasil berat kering tanaman kale

*Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan hasil berbeda tidak nyata pada Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan taraf nyata 5%.*

## 4.2 Pembahasan

Pertumbuhan tanaman yang baik dapat menghasilkan hasil produksi tanaman yang optimal. Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor internal (faktor genetik) dan faktor eksternal (faktor lingkungan) yang berkaitan sangat erat. Faktor genetik akan berperan dengan baik apabila faktor lingkungan dalam keadaan optimum. Salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman yaitu cahaya matahari. Menurut sufardi (2020), cahaya matahari merupakan faktor yang penting dalam pertumbuhan tanaman yaitu sebagai sumber energi yang digunakan untuk proses anabolisme tanaman yaitu

proses fotosintesis. Cahaya mempengaruhi pertumbuhan, reproduksi, dan hasil tanaman melalui proses fotosintesis. Cahaya secara tidak langsung juga dapat meningkatkan respirasi, yaitu melalui fotosintesis dimana ketika laju fotosintesis meningkat akan menyebabkan persediaan makanan (karbohidrat) meningkat sehingga proses respirasi juga meningkat. Menurut Dwidjoseputro (1992), energi cahaya matahari yang digunakan tanaman untuk proses fotosintesis hanya 0,5-2% dari jumlah energi cahaya yang tersedia. Cahaya matahari merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses pertumbuhan tanaman melalui tiga sifatnya yaitu kualitas, intensitas, dan lama penyinarannya (fotoperiode).

Tanaman kale merupakan sayuran hari panjang yang membutuhkan penyinaran 14-16 jam, sedangkan rata-rata panjang hari di Indonesia yaitu 12 jam. Kekurangan cahaya akan mengganggu proses fotosintesis dan pertumbuhan tanaman. Menurut Syach dkk. (2019), tanaman yang kekurangan cahaya akan menyebabkan tanaman tersebut tumbuh lebih cepat namun memiliki biomassa yang lebih kecil (etiolasi) dan akan memasuki fase kematian lebih cepat. Penambahan lampu LED sebagai penambah cahaya digunakan untuk mengoptimalkan pertumbuhan pada tanaman kale. LED yang digunakan dalam penelitian ini yaitu lampu LED spektrum warna merah, biru, dan merah biru. Menurut Hopkins (1999), cahaya warna biru mempunyai panjang gelombang 425-490 nm dan cahaya warna merah mempunyai panjang gelombang 640-700 nm. Menurut penemuan Robert Emerson tahun 1956, penggabungan cahaya merah dan cahaya biru akan menghasilkan produktivitas tanaman yang lebih banyak karena terjadi dua fotosistem yaitu yang satu menyerap sampai panjang gelombang 680 nm dan yang lainnya menyerap cahaya pada panjang gelombang sampai 700 nm. Menurut Sufardi (2020), spektrum cahaya yang paling efektif untuk fotosintesis antara 400-700 nm. Menurut Darmawan dan Baharsjah (2010), klorofil menyerap warna didaerah merah dan biru, yaitu pada gelombang yang paling banyak digunakan pada proses fotosintesis, sedangkan penyerapan terendah terdapat pada warna hijau karena sinar warna hijau lebih banyak dipantulkan.

Parameter lingkungan yang diamati yaitu intensitas cahaya pada *Green House*, suhu, unsur hara, dan air. Intensitas cahaya yang ada di *Green House* pada

saat penelitian masih tergolong rendah, hal ini disebabkan pada waktu penelitian yaitu bulan November dan Desember merupakan awal musim hujan sehingga tanaman tidak bisa memperoleh cahaya secara optimal. Menurut Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (2020), perkiraan curah hujan bulan November 2020 sebesar 229 mm dan bulan Desember 2020 sebesar 318 mm. Penyinaran utama yaitu dengan menggunakan cahaya matahari dihitung mulai pukul 06.00-18.00 WIB sedangkan penambahan spektrum cahaya diberikan pada pukul 18.00-24.00 WIB. Data pengamatan intensitas cahaya disajikan pada (Tabel 4.2) sebagai berikut.

Tabel 4.2 Data Pengamatan Intensitas Cahaya

No.	Perlakuan	Intensitas Cahaya (lux)			
		Pagi Hari (07.00-08.00)	Siang hari (12.00-13.00)	Sore hari (16.00-17.00)	Malam hari
1.	L0 (Kontrol)				0
2.	LED Merah				80
3.	LED Biru	7.920	20.370	4.850	300
4.	LED Merah biru				490

Berdasarkan (Tabel 4.2) diatas dapat dilihat nilai intensitas cahaya hasil pengamatan selama penelitian berlangsung, dimana intensitas cahaya di *Green House* Sayuran Hidroponik UPT Agrotechnopark Universitas Jember rata-rata 7.920 lux pada pagi hari, 20.370 lux pada siang hari, dan 4.850 lux pada sore hari. Pengamatan yang dilakukan di malam hari pada masing-masing perlakuan diperoleh data bahwa pada kontrol (L0) tidak ada intensitas cahaya atau 0 karena tidak diberi penambahan spektrum cahaya, sedangkan pada LED merah diperoleh intensitas cahaya berkisar 80 lux, LED biru dengan intensitas cahaya berkisar 300 lux, dan LED merah biru mempunyai intensitas cahaya 490 lux.

Menurut Vandre (2011), tanaman sayur akan tumbuh optimal pada cahaya berkisar 15-20 W/ft<sup>2</sup> atau setara dengan 161-215 W/m<sup>2</sup>, sedangkan pada penelitian yang dilakukan intensitas cahaya tertinggi pada perlakuan penambahan spektrum cahaya merah biru berkisar 490 lux atau setara dengan 16,9 W/m<sup>2</sup> sehingga belum sesuai dengan syarat kebutuhan cahaya pada sayuran. Intensitas cahaya mempengaruhi fotosintesis karena intensitas cahaya merupakan energi yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis. Menurut Damarwan dan Baharsjah (2010),

intensitas cahaya yang rendah menyebabkan laju fotosintesis juga rendah yang disebabkan oleh produksi ATP dan NADPH tidak cukup tinggi. Namun tanaman kale dapat hidup baik pada intensitas cahaya yang rendah. Ketinggian tempat penelitian yaitu 100 – 1.000 mdpl dengan curah hujan 1.750 – 2.000 mm/tahun dimana ketinggian tersebut sesuai dengan syarat tumbuh tanaman kale. Suhu pada *Green House* berkisar 25°C – 31°C dimana suhu tersebut sudah sesuai dengan syarat tumbuh tanaman kale. Menurut Fajri dan Soelistyono (2018), suhu yang tidak sesuai menyebabkan pertumbuhan tanaman kale terhambat sehingga hasil panen akan lebih rendah dibandingkan dengan nilai optimalnya.

Budidaya tanaman kale menggunakan sistem hidroponik sumbu tersirkulasi sehingga kaya akan oksigen, hal ini terjadi karena adanya sirkulasi nutrisi. Pompa air yang digunakan untuk mengalirkan air sehingga terjadi sirkulasi nutrisi yaitu menggunakan pompa air dengan kapasitas 2 m dengan tekanan 2.000 liter/jam. Budidaya pada sistem hidroponik sangat tergantung pada larutan nutrisi yang diberikan. Menurut Hendra dan Andoko (2014), nutrisi atau unsur mineral yang dibutuhkan tanaman ada dua jenis yaitu unsur makro yang terdiri dari nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan sulfur (S) sedangkan unsur mikro terdiri dari besi (Fe), seng (Zn), cuprum (Cu), dan molibdenum (Mo). Nutrisi yang digunakan pada penelitian menggunakan nutrisi AB Mix komersial yang di dalamnya sudah mengandung unsur hara makro dan mikro. Menurut Umar dkk, (2018) konsentrasi nutrisi pada tanaman kale antara 1.050 - 1.400 ppm dengan pH 5,5-6,8. Konsentrasi nutrisi yang diberikan pada saat penelitian berlangsung yaitu 1.200-1.400 ppm dengan pH 6,0-6,8 sehingga pemberian konsentrasi nutrisi dan air sudah sesuai dengan syarat tumbuh tanaman kale secara hidroponik. Menurut Wulansari dkk. (2019), ketersediaan unsur hara yang kurang dari jumlah yang dibutuhkan akan mengganggu metabolisme tanaman yang secara visual dapat terlihat dari penyimpangan pada pertumbuhan yaitu ukuran tanaman menjadi relatif kecil.

Berdasarkan (Tabel 4.1) diketahui bahwa beberapa variabel pengamatan berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kale pada sistem hidroponik, salah satunya adalah tinggi tanaman. Tinggi tanaman merupakan

parameter yang digunakan untuk mengukur pengaruh pertumbuhan vegetatif tanaman dari lingkungan (perlakuan). Berdasarkan (Gambar 4.1) menunjukkan bahwa penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam memiliki rata-rata tinggi tanaman tertinggi sedangkan kontrol memiliki rata-rata tinggi tanaman terendah. Hal ini karena spektrum cahaya merah dan biru dapat diserap tanaman secara optimal. Menurut Darmawan dan Baharsjah (2010), warna cahaya yang paling banyak diserap untuk proses fotosintesis terletak pada daerah biru ungu dan merah jingga, sedangkan warna kuning dan hijau hanya diserap dalam jumlah yang sedikit. Pemberian lama penyinaran 6 jam menyebabkan kandungan auksin pada tanaman meningkat sehingga terjadi perpanjangan dan pembesaran sel, sesuai dengan pernyataan Pratiwi dkk. (2015), yang menyatakan bahwa tanaman yang tumbuh pada penyinaran panjang akan memiliki jumlah auksin endogen yang lebih tinggi dibandingkan dengan penyinaran pendek. Salah satu fungsi auksin yaitu untuk mengurangi cabang lateral dimana hal tersebut bertujuan agar pertumbuhan tanaman ke atas dapat maksimal. Namun kelebihan cahaya juga akan menyebabkan hormon auksin berkurang dan sulit untuk tumbuh, sehingga mengakibatkan pertumbuhan tanaman menjadi terhambat. Pemberian LED merah biru pada penelitian Nurdianna dkk (2018) memberikan pertumbuhan tanaman selada keriting hijau berupa tinggi tanaman yang lebih baik daripada menggunakan lampu LED putih.

Laju pertumbuhan tinggi tanaman dapat diartikan sebagai pertambahan panjang tanaman per harinya. Laju pertumbuhan tinggi tanaman berhubungan erat dengan variabel tinggi tanaman, dimana semakin tinggi tanaman maka laju pertumbuhan tinggi tanaman juga akan semakin cepat. Berdasarkan (Gambar 4.2) laju pertumbuhan tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya, hal ini disebabkan oleh penyerapan cahaya yang optimal pada spektrum merah dan biru ditambah dengan pemberian cahaya yang panjang menyebabkan proses fotosintesis lebih intensif menyebabkan pertumbuhan tanaman berjalan optimal. Hasil fotosintesis berupa glukosa pada daun akan diangkut melalui floem menuju ke seluruh bagian tanaman yang digunakan untuk makan dan

pertumbuhan sedangkan hasil fotosintesis berupa oksigen akan tersebar keluar melalui stomata. Menurut Zulviana dkk. (2020), pemberian perpaduan warna merah biru menyebabkan pertambahan tinggi tanaman sawi paling besar dibanding dengan perlakuan yang lainnya sedangkan menurut Nurdianna dkk. (2018), pemberian lampu LED warna merah biru memberikan pertumbuhan tinggi tanaman selada keriting hijau yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan LED putih.

Jumlah daun merupakan variabel penting dalam budidaya tanaman kale, dimana tanaman kale yang dapat dikonsumsi hanya bagian daunnya saja sehingga semakin banyak jumlah daun maka pertumbuhan tanaman semakin maksimal. Jumlah daun berkaitan erat dengan tinggi tanaman, dimana daun merupakan organ tanaman yang terletak pada buku batang kale sehingga peningkatan tinggi tanaman juga akan meningkatkan jumlah daun tanaman (Gardneer *et al.*, 1991). Menurut Naomi dkk. (2018), jumlah daun menunjukkan banyaknya kandungan klorofil dan kualitas suatu tanaman karena semakin banyak jumlah daun maka semakin banyak pula cahaya yang ditangkap sehingga proses fotosintesis meningkat. Berdasarkan (Gambar 4.3) jumlah daun tanaman kale tertinggi pada perlakuan penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam sedangkan kontrol menghasilkan jumlah daun terendah, ini menunjukkan bahwa penambahan spektrum cahaya merah biru merupakan spektrum yang paling sesuai untuk pertumbuhan tanaman kale dan penyinaran dengan intensitas yang lebih panjang akan mempercepat pembentukan daun pada tanaman. Hasil penelitian yang dilakukan sesuai dengan penelitian Zulviana dkk (2020), yang menunjukkan pemberian LED warna merah biru memberikan jumlah daun paling besar pada tanaman sawi hijau yaitu 9,1 helai dibandingkan dengan pemberian LED merah atau LED biru saja. Penambahan spektrum cahaya dan lama penyinaran pada tanaman kale secara hidroponik mampu menghasilkan rata-rata jumlah daun 23,5 helai, dibandingkan dengan penelitian Fajri dan Soelistyono (2018), dengan jarak penanaman yang sama yaitu 20 cm secara konvensional menghasilkan rata-rata jumlah daun 11,31 helai.

Klorofil berhubungan erat dengan pertumbuhan tanaman, dimana klorofil berperan penting sebagai penangkap cahaya yang digunakan untuk proses fotosintesis yang akan menghasilkan ATP dan NADPH sehingga semakin banyak kandungan klorofil akan meningkatkan laju fotosintesis. Laju fotosintesis tinggi akan menghasilkan fotosintat lebih banyak yang akan digunakan untuk pertumbuhan tanaman. Berdasarkan (Gambar 4.4) penambahan spektrum cahaya merah dan biru selama 6 jam merupakan perlakuan terbaik untuk meningkatkan kandungan klorofil pada daun tanaman kale. Menurut Syafriyudin dan Ledhe (2015), lampu LED merah dan biru baik untuk pertumbuhan karena klorofil banyak menyerap cahaya merah dan biru sehingga fotosintesis dapat berlangsung. Warna cahaya merah dan biru memiliki kemampuan untuk dapat diserap oleh klorofil a dan klorofil b yang berperan untuk menyerap cahaya merah, biru, violet dan memantulkan cahaya hijau sehingga organ tanaman akan berwarna lebih hijau (Ardiyani dan Arimarsetiowati, 2012). Penambahan lama penyinaran 6 jam menyebabkan tanaman memperoleh lebih banyak cahaya untuk diserap klorofil sehingga fotosintesis berlangsung dengan optimal. Menurut Primadani dan Maghfoer (2018), lama penyinaran berpengaruh terhadap pembentukan klorofil, dimana penyinaran yang lama akan mengintensifkan proses fotosintesis, semakin meningkatnya laju fotosintesis maka juga akan meningkatkan karbohidrat yang dibentuk. Karbohidrat dalam bentuk glukosa yang terbentuk akan digunakan untuk sintesis klorofil sehingga semakin banyak karbohidrat maka kadar klorofil juga akan semakin tinggi. Pembentukan klorofil juga dipengaruhi oleh faktor keturunan, ketersediaan oksigen, karbohidrat, serta beberapa unsur seperti N, Mg, Fe, dan Mn.

Berat tajuk tanaman merupakan gabungan dari perkembangan dan penambahan jaringan tanaman seperti jumlah daun, luas daun, dan tinggi tanaman yang dipengaruhi oleh kadar air dan kandungan unsur hara yang ada di dalam sel-sel tanaman (Manuhuttu dkk., 2014). Organ daun yang mengandung klorofil merupakan penyusun dari sebagian berat tajuk tanaman, maka semakin tinggi jumlah daun akan semakin tinggi berat basah dan berat kering yang akan dihasilkan (Novinanto dan Setiawan, 2019). Berat tajuk tanaman berperan dalam

menentukan kualitas hasil secara ekonomis terutama pada tanaman sayuran seperti tanaman kale. Berdasarkan (Gambar 4.5) penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam merupakan perlakuan terbaik untuk meningkatkan berat tajuk tanaman dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya. Perpaduan antara lampu merah dan biru dimana kedua cahaya dapat diserap secara optimal oleh tanaman akan meningkatkan proses fotosintesis pada tanaman secara optimal. Berdasarkan penelitian Novinanto dan Setiawan (2019), menggunakan cahaya lampu LED *grow light* yang merupakan perpaduan antara cahaya berwarna merah dan biru yang dibutuhkan untuk proses fotosintesis sehingga menghasilkan berat tajuk tanaman selada tertinggi yaitu 225,977 g dibanding dengan perlakuan yang lainnya. Pemberian sinar lampu dengan waktu yang lebih panjang akan meningkatkan berat tajuk tanaman. Semakin lamanya penyinaran akan meningkatkan laju fotosintesis sehingga menghasilkan fotosintat yang banyak yang kemudian akan diakumulasikan keseluruh organ tanaman sehingga berat tajuk tanaman juga semakin meningkat. Menurut Susilowati dkk. (2015), semakin besar tingkat intensitas cahaya berpengaruh terhadap berat tajuk tanaman, dimana semakin tinggi intensitas cahaya maka proses fotosintesis akan lebih cepat.

Berat segar tanaman merupakan berat tanaman pada saat masih hidup dan ditimbang langsung setelah panen sebelum tanaman menjadi layu karena kehilangan air sehingga tingginya berat segar tanaman dipengaruhi oleh kandungan air tanaman tersebut. Berat segar tanaman berkaitan dengan variabel pertumbuhan lainnya yaitu tinggi tanaman, jumlah daun, akar, dan kadar klorofil, hal ini dikarenakan laju pembelahan sel dan pembentukan jaringan sebanding dengan pertumbuhan batang, daun dan sistem perakaran (Rizal, 2017). Cahaya yang ditangkap klorofil untuk proses fotosintesis akan menghasilkan bahan baku bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman seperti tinggi tanaman, jumlah daun serta akan menghasilkan produksi biomassa yang akan meningkatkan berat segar tanaman (Sirait, 2008). Semakin banyak kandungan klorofil pada tanaman dengan intensitas cahaya yang cukup maka proses fotosintesis akan berjalan lancar dan dapat meningkatkan cadangan makanan untuk disimpan sehingga berpengaruh terhadap berat tanaman yang dikonsumsi (Purnama dkk, 2013).

Berdasarkan (Gambar 4.6) penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam menunjukkan berat segar tanaman tertinggi sedangkan kontrol menghasilkan berat segar tanaman terendah, hal ini karena spektrum cahaya merah biru selama 6 jam meningkatkan proses fotosintesis secara optimal. Semakin lama tanaman mendapatkan cahaya maka semakin intensif pula proses fotosintesis berlangsung. Menurut Lindawati dkk. (2015), hasil fotosintesis akan ditranslokasikan ke seluruh jaringan tanaman melalui floem dan energi hasil fotosintesis digunakan untuk mengaktifkan pertumbuhan tunas, daun, dan batang sehingga tanaman dapat tumbuh secara optimal. Penambahan spektrum cahaya dan lama penyinaran pada tanaman kale secara hidroponik dapat meningkatkan produksi tanaman kale dimana berat segar hasil penelitian mencapai 94,3 gram sedangkan berdasarkan penelitian Fajri dan Soelistyono (2018), dengan jarak tanam yang sama ditanam secara konvensional menghasilkan berat segar 87,85 g sehingga berat segar meningkat hingga 7%. Pemberian lampu LED merah biru pada penelitian Mukaromah dkk. (2019) mampu meningkatkan hasil panen tanaman sawi sendok sebesar 65% dibandingkan tanpa perlakuan.

Menurut Susilo (2019), berat kering tajuk tanaman menunjukkan hasil fotosintesis bersih yang diendapkan di batang dan daun pada tanaman yang menunjukkan hasil produksi pada tanaman sayuran. Peningkatan berat segar tajuk tanaman akan meningkatkan bobot kering tajuk tanaman. Berdasarkan (Gambar 4.7) berat kering tajuk tertinggi terdapat pada perlakuan penambahan spektrum merah biru selama 6 jam. Penggunaan LED spektrum merah biru yang ditambah dengan penyinaran cahaya yang lama menyebabkan meningkatnya proses fotosintesis pada tanaman, dengan meningkatnya proses fotosintesis maka akan meningkatkan hasil fotosintat yang kemudian akan berpengaruh terhadap berat kering tajuk tanaman. Pernyataan ini sesuai dengan pendapat Harjadi (1991), yang menyatakan bahwa besarnya cahaya yang ditangkap pada proses fotosintesis menunjukkan biomassa, sedangkan besarnya biomassa dalam jaringan tanaman mencerminkan bobot kering tanaman. Sehingga dengan bobot kering tajuk yang terdiri dari batang dan daun tinggi menunjukkan bahwa biomassa yang berada di batang daun dari proses fotosintesis juga tinggi.

Menurut Darmawan dan Baharsjah (2018), pertumbuhan tanaman dapat diartikan sebagai bertambah besarnya tanaman yang diikuti oleh peningkatan berat kering. Berat kering tanaman berkaitan dengan tinggi tanaman dan jumlah daun tanaman. Berat kering tanaman merupakan indikasi dari keberhasilan pertumbuhan tanaman karena setelah kadar air dihilangkan, maka akan diketahui hasil fotosintesis bersih yang diendapkan. Berdasarkan (Gambar 4.8) penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam mempunyai hasil terbaik untuk meningkatkan berat kering tanaman karena mempunyai cahaya yang sesuai untuk fotosintesis. Menurut Gardner *et.al.*, (1991), fotosintesis pada tanaman mengakibatkan meningkatnya berat kering tanaman yang disebabkan oleh penimbunan hasil bersih asimilasi CO<sub>2</sub> sepanjang masa pertumbuhan. Semakin lama tanaman memperoleh cahaya maka akan semakin banyak energi yang diperoleh tanaman untuk proses fotosintesis sehingga glukosa yang dihasilkan juga semakin banyak yang menyebabkan berat kering tanaman menjadi optimal. Hasil fotosintesis berupa glukosa tersebut akan diubah menjadi energi yang digunakan untuk proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

## **BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dan diuraikan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Penambahan spektrum cahaya dan lama penyinaran menggunakan LED mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil produksi tanaman kale secara hidroponik.
2. Penambahan spektrum cahaya merah biru selama 6 jam mampu meningkatkan hasil tanaman kale sebesar 53%.

### **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, interval pemberian lama penyinaran masih terlalu dekat antar perlakuan sehingga masih diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai interval antar perlakuan pemberian lama penyinaran sehingga dapat dibandingkan antar perlakuan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Agustin, H., dan A. R. Fauzi. 2019. Induksi Pembungaan Kale dengan Aplikasi Pupuk N, P dan Pemberian Hormon Giberelin. *Agrin*, 23(2): 132-143.
- Alamsjah, M. A., N. O. Ayuningtiaz, dan S. Subekti. 2010. Pengaruh Lama Penyinaran Terhadap Pertumbuhan dan Klorofil *a* *Gracilaria verrucosa* pada Sistem Budidaya Indoor. *Perikanan dan Kelautan*, 2(1): 21-29.
- Alviani, P. 2015. *Bertanam Hidroponik untuk Pemula*. Depok: Bibit Publisher.
- Ardiyani, F., dan R. Arimarsetiowati. 2012. Pertumbuhan Planlet *Coffea arabica* L. pada Berbagai Warna Pencahayaan pada Tahap Perkecambahan Embrio Somatik *in Vitro*. *Pelita Perkebunan*, 28(3): 145-153.
- Arifin, R. 2016. *Bisnis Hidroponik Ala Roni Kebun Sayur*. Jakarta: PT. AgroMedia Pustaka.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2020. *Prakiraan Musim Hujan 2020/2021 di Indonesia*. Jakarta: BMKG.
- Beliveau, R., dan D. Gingras. 2006. *11 Makanan Ampuh Pencegah Kanker*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Budi, S. 2013. *Budidaya Intensif Kailan secara Organik dan Anorganik*. Jakarta: Pustaka Mina.
- Darmawan, J., dan J. S. Baharsjah. 2010. *Dasar-dasar Fisiologi Tanaman*. Jakarta: SITC.
- Dewanti, P., S. Kamalia, K. A. Wijaya, and S. Hartatik. Utilization of Yard for Vegetable Hydroponics in Serut Village, Panti Sub-District, Jember District. *Innovation and Entrepreneurship*, 1(1): 1-5.
- Direktorat Budidaya Tanaman Sayuran dan Biofarmaka. 2007. *Prosedur Operasional Standar Kubis*. Jakarta: Direktorat Jenderal Hortikultura Departemen Pertanian RI.
- Dwidjoseputro, D. 1992. *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Fajri, L. N., dan R. Soelistyono. 2018. Pengaruh Kerapatan Tanaman dan Pupuk Urea Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kale (*Brassica oleracea* var *acephala*). *Plantropica*, 3(2): 133-140.

- Faridha, M., dan M. D. Y. Saputra. 2016. Analisa Pemakaian Daya Lampu LED pada Rumah Tipe 36. *Teknologi Elektro*, 7(3): 193-198.
- Gardner, F. P., R. B. Pearce, dan R. L. Mitchell. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Jakarta: UI-Press.
- Ginting, C. 2010. Kajian Biologis Tanaman Selada dalam Berbagai Kondisi Lingkungan pada Sistem Hidroponik. *Agriplus*, 20(2): 109-111.
- Harjadi, S. S. 1991. *Pengantar Agronomi*. Jakarta: Gramedia.
- Haryadi, R., D. Saputra, F. Wijayanti, D. A. Yusofa, N. N. Ferlis, U. Alizkan, dan W. T. Priane. 2017. Pengaruh Cahaya Lampu 15 Watt Terhadap Pertumbuhan Tanaman Pandan (*Pandanus amaryllifolius*). 3(2): 100-109.
- Hendra, H. A., dan A. Andoko. 2014. *Bertanam Sayuran Hidroponik Ala Pak Tani Hydrofram*. Jakarta: PT. AgroMedia Pustaka.
- Hernandez, R. 2012. *Plant Lighting and Basics and Applications*. Tucson: The University of Arizona.
- Hernandez, R., and C. Kubota. 2014. Growth and Morphological Response if Cucumber Seedlings to Supplemental Red and Blue Photon Flux Ratios Under Varied Solar Daily Light Integrals. *Scientia Horticulture*, 173(1): 92-99.
- Hopkins, W. G. 1999. *Introduction to Plants Physiology*. John Willey and Son, Inc. USA.
- Istiqomah, S. 2012. *Menanam Hidroponik*. Yogyakarta: Kanisius.
- Kamalia, S., P. Dewanti, dan R. Soedradjad. 2017. Teknologi Hidroponik Sistem Sumbu pada Produksi Selada Lollo Rossa (*Lactuca sativa L.*) dengan Penambahan  $\text{CaCl}_2$  Sebagai Nutrisi Hidroponik. *Agoteknologi*, 11(1): 96-104.
- Lindawati, Y., S. Triyono, dan D. Suhandy. 2015. Pengaruh Lama Penyinaran Kombinasi Lampu LED dan Lampu Neon Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa L.*) dengan Hidroponik Sistem Sumbu (*Wick System*). *Teknik Pertanian Lampung*, 4(3): 191-200.
- Lingga, P. 1985. *Bercocok Tanam Tanpa Tanah*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Markwell, J., J. C. Osterman, dan J. L. Mitchell. 1995. Calibration of the Minolta SPAD-502 Leaf Chlorophyll Meter. *Photosynthesis Research*, 46: 467-472.

- Manuhuttu, A. P., H. Rehatta, dan J. J. G. Kailola. Pengaruh Konsentrasi Pupuk Hayati Bioboost Terhadap Peningkatan Produksi Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.). *Agrologia*, 3(1): 18-27.
- Mukaromah, S. L., J. Prasetyo, dan B. D. Argo. 2019. Pengaruh Pemaparan Cahaya LED Merah Biru dan Sonic Bloom Terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Sawi Sendok (*Brassica rapa* L.) *Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 7(2): 185-192.
- Muneer, S., E. J. Kim, J. S. Park, and J. H. Lee. 2014. Influence of Green, Red and Blue Light Emitting Diodes on Multiprotein Complex Proteins and Photosynthetic Activity under Different Light Intensities in Lettuce Leaves (*Lactuca sativa* L.). *Mol. Sci.* 15(1): 4657-4670.
- Naomi, A., J. Pertiwi, P. A. Permatasari, S. N. Dini, dan A. Saefullah. 2018. Keefektifan Spektrum Cahaya Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata*). *Gravity*, 4(2): 93-102.
- Nguyen, T. P. D., T. T. H. Tran, and Q. T. Nguyen. 2019. Effect 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. *Agricultural Technology*, 15(1): 75-90.
- Novinanto, A., dan A. W. Setiawan. 2019. Pengaruh Variasi Sumber Cahaya LED Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada (*Lactuca sativa* var. *Crispa* L) dengan Sistem Budidaya Hidroponik Rakit Apung. *AGRIC*, 31(2): 193-206.
- Nurdianna, D., R. Bandriyati, dan D. Harjoko. 2018. Penggunaan Beberapa Komposisi Spektrum LED pada Potensi dan Hasil Hidroponik *Indoor* Selada Keriting Hijau. *Agrosains*, 20(6): 1-6.
- Nurunisa, D., A. B. Sasongko, dan A. Indrianto. 2018. Pengaruh Warna Cahaya Light-Emitting Diodes (LED) Intensitas Rendah dan Cekaman Dingin Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Anggrek *Phaleanopsis* Hibrida. *Biota*, 4(1): 41-48.
- Pratiwi, R. S., L. A. M. Sunegar, dan I. Nuriadi. 2015. Pengaruh Lama Penyinaran dan Komposisi Media Terhadap Mikropropagasi Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) *Agroekoteknologi*, 4(1): 1762-1767.
- Primadani, R., dan M. D. Maghfoer. 2018. Pengaruh Sinar Lampu *Flourescent* dan Lama Penyinaran Terhadap Pertumbuhan Bibit Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) cv. 'Smooth Cayyene'. *Produksi Tanaman*, 6(2): 298-307.
- Purnama, R. H., S. J. Santosa, dan S. Hardiatmi. 2013. Pengaruh Dosis Pupuk

- Kompos Enceng Gondok dan Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.). *Infofarm*, 12(2): 95-107.
- Puspasari, I., Y. Triwidyastuti, dan Harianto. 2018. Otomasi Sistem Hidroponik Wick Terintegrasi pada Pembibitan Tomat Ceri. *NTETI*, 7(1): 97-104.
- Restiani, A. R., S. Triyono, A. Tusi, dan R. Zahab. 2015. Pengaruh Jenis Lampu Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Produksi Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.) dalam Sistem Hidroponik Indoor. *Teknik Pertanian Lampung*, 4(3): 219-226.
- Rizal, A. 2017. Pengaruh Nutrisi yang Diberikan Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica rapa* L.) yang Ditanam Secara Hidroponik. *Sainmatika*, 14(1): 38-44.
- Roidah, I. S. 2014. Pemanfaatan Lahan dengan Menggunakan Sistem Hidroponik. *Universitas Tulungagung BONOROWO*, 1(2): 43-50.
- Rukmana, R. 1994. *Budidaya Kubis Bunga dan Broccoli*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sefo, E., Z. Matotan, Z. Knezovic, A. Ivankovic, and K. Arar. 2016. Nutritional Characteristics of Kale Populations From The Herzegovina Region. *Agriculture and Food Sciences*, 61(66): 350-353.
- Sikora, E., and Bodziarczyk. 2012. Composition and Antioxidant activity of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) Raw and Cooked. *Technol Aliment*, 11(3) : 239-248
- Sirait, J. 2008. Luas Daun, Kandungan Klorofil dan Laju Pertumbuhan Rumput pada Naungan dan Pemupukan yang Berbeda. *JITV*, 13(12): 109-116.
- Somianingsih, M. G. 2018. Pengaruh Penyinaran Gelombang Elektromagnetik Terhadap Pertumbuhan Kacang Hijau (*Vigna radiata*). *Faktor Exacta*, 11(3): 235-239.
- Sufardi. 2020. *Pertumbuhan Tanaman*. Banda Aceh: Syiah Kuala University.
- Suhandoko, A. A., Sumarsono, dan E. D. Purbajanti. 2018. Produksi Selada (*Lactuca sativa* L.) dengan penyinaran lampu LED merah dan Biru di Malam Hari pada Teknologi Hidroponik Sistem Terapung Termodifikasi. *Agro Complex*, 2(1): 79-85.
- Suryani, R. 2015. *Hidroponik Budidaya Tanaman Tanpa Tanah*. Yogyakarta: ARCITRA.
- Susilo, I. B. 2019. Pengaruh Konsentrasi dan Interval Waktu Pemberian Pupuk

- Organik Cair Terhadap Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) dengan Sistem Hidroponik DFT. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 2(1): 34-41.
- Susilowati, E., S. Triyono, dan C. Sugianti. 2015. Pengaruh Jarak Lampu Neon Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kailan (*Brassica oleraceae*) dengan Sistem Hidroponik Sumbu di Dalam Ruangan. *Teknik Pertanian Lampung*, 4(4): 293-304.
- Sutoyo. 2011. Fotoperiode dan Pembungaan Tanaman. *Buana Sains*, 11(2): 137-144.
- Syach, A. M., N. Nurhayati, F. A. Assabiqi, F. Natasha, Taufikurahman, dan N. T. Astutiningsih. Model Pengaruh Cahaya Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.). *SITH-ITB*, 1(1): 1-11.
- Syafriyudin, dan N. T. Ledhe. 2015. Analisis Pertumbuhan Tanaman Krisan pada Variabel Warna Cahaya Lampu LED. *Teknologi*, 8(1): 83-87.
- Uddin, A. F. M. J., I. A. Jahan, B. Laila, S. Rini, and H. Ahmad. 2017. LED Light Supplementation on Growth, Yield and Seed Production of Broccoli. *Business, Social and Scientific Research*, 5(4): 95-102.
- Umar, U. F., Y. N. Akhmadi, dan Sanyoto. 2018. *Jago Bertanam Hidroponik untuk Pemula*. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Vandre, W. 2011. *Fluorencent Lights for Plant Growth*. Fairbanks: University of Alaska Fairbanks.
- Wahyuningsih, A., S. Fajriani, dan N. Aini. 2016. Komposisi Nutisi dan Media Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Sistem Hidroponik. *Produksi Tanaman*, 4(8): 595-601.
- Widodo, S., E. D. Wardihani, S. Pramono, Helmy, dan T. Yulianto. 2016. Rancang Bangun Lampu Duduk Menggunakan LED dengan Tiga Level Pencahayaan untuk Mendukung Industri Kreatif Kewirausahaan. *Prosiding Seminar Nasional FDI*, 1(1): 27-32.
- Wulansari, A., M. Baskara, dan A. Suryanto. 2019. Pengaruh Tingkat EC dan Populasi Terhadap Produksi Tanaman Kale (*Brassica oleracea* var. *Acephala*) pada Sistem Hidroponik Rakit Apung. *Produksi Tanaman*, 7(2): 330-338.
- Zulkarnain, H. 2013. *Budidaya Sayuran Tropis*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- Zulviana, V., M. R. Kirom, dan E. Rosdiana. 2020. Analisis Pengaruh Intensitas Cahaya LED (*Light Emitting Diode*) dengan Warna Merah, Biru, dan Putih

Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau (*Brassica rapa* var. *Parachinensis*) di Dalam Ruang. *Engineering*, 7(1): 11-47-1158.



LAMPIRAN

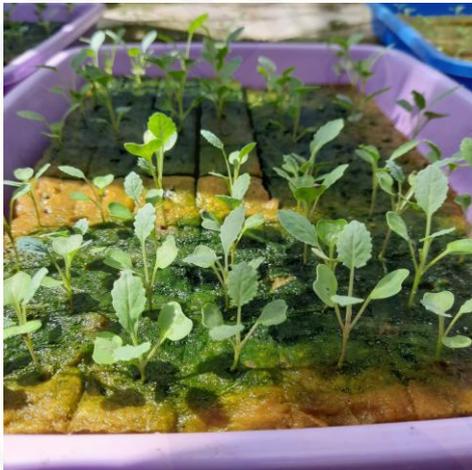
Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian



Gambar 1. Pembuatan instalasi hidroponik



Gambar 2. Pembuatan kotak ruang tanaman



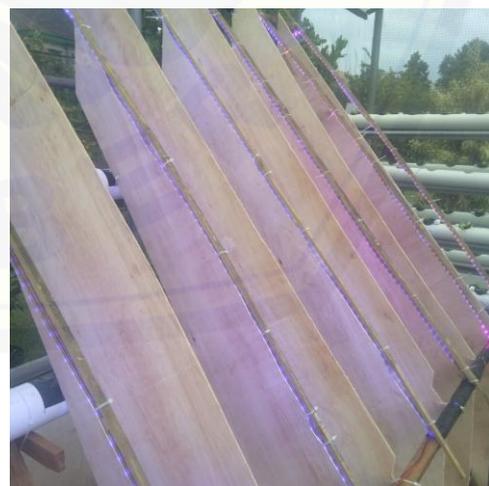
Gambar 3. Pembibitan kale



Gambar 4. Pembuatan nutrisi AB Mix



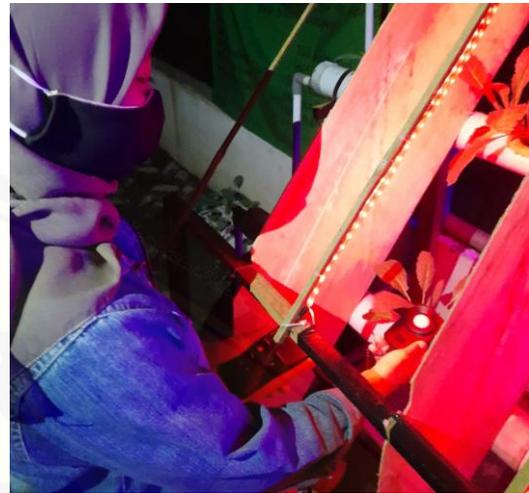
Gambar 5. Pindah tanam ke instalasi



Gambar 6. Penempatan LED di instalasi



Gambar 7. Pengukuran intensitas cahaya Siang hari



Gambar 8. Pengukuran intensitas cahaya malam hari



Gambar 9. Pengukuran pH air



Gambar 10. Pengukuran ppm nutrisi



Gambar 11. Pengukuran tinggi tanaman



Gambar 12. Penghitungan jumlah daun



Gambar 13. Pengukuran kandungan klorofil daun



Gambar 14. pemanenan



Gambar 15. Penimbangan berat segar tanaman



Gambar 16. Penimbangan tajuk tanaman



Gambar 17. Pengovenan tanaman



Gambar 18. Penimbangan berat kering tanaman

**Lampiran 2. Deskripsi Varietas Kale****KALE VARIETAS NERO DI TOSCANA**

- Produsen : Haira Seed  
Nama Latin : *Brassica Oleracea* var. *achepala*  
Jenis : Nero di Toscana / Lacinato  
Daya Kecambah : 95%  
Warna daun : Hijau tua  
Bentuk daun : Besar dan bergelombang, tekstur agak kasar.  
Umur panen : 40 – 65 hari



**Lampiran 3. Perhitungan Kebutuhan Nutrisi**

Stok A = 250 g = 250.000 mg

Stok B = 250 g = 250.000 mg

Dilarutkan 1 L air = 1.000 ml air

Sehingga:

Larutan A = 250.000 mg/L = 250.000 ppm

Larutan B = 250.000 mg/L = 250.000 ppm

Kemudian menggunakan rumus:  $N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$

Dimana:  $N_1$  = konsentrasi larutan stok AB Mix

$V_1$  = volume yang akan diambil

$N_2$  = konsentrasi yang akan dibuat

$V_2$  = volume air yang digunakan

1. Kebutuhan Nutrisi 300 ppm dalam 1 L air

- Pengenceran Stok AB Mix

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

$$250.000 \times V_1 = 300 \times 1.000$$

$$V_1 = 1,2 \text{ ml}$$

Sehingga dibutuhkan 1,2 ml stok AB Mix yang terdiri dari 0,6 ml Stok A dan 0,6 Stok B

2. Kebutuhan Nutrisi 1.200 ppm dalam 30 L air

- Pengenceran Stok AB Mix

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

$$250.000 \times V_1 = 1.200 \times 30.000$$

$$V_1 = 144 \text{ ml}$$

Sehingga dibutuhkan 144 ml stok AB Mix yang terdiri dari 72 ml Stok A dan 72 Stok B

## Lampiran 4. Analisis Data dan Uji Lanjut

### 4.1 Tinggi Tanaman

Data tinggi tanaman

Perlakuan	Replikasi				Total	Rata-rata	STDEV	SEM
	1	2	3	4				
L0	33,5	34,7	34,3	35,6	138,10	34,53	0,87	0,44
LM4	42	42,6	43,7	40,5	168,80	42,20	1,33	0,67
LM5	38	37,4	36,5	37,5	149,40	37,35	0,62	0,31
LM6	44	44,5	47	49	184,50	46,13	2,32	1,16
LB4	38,5	38	38,4	39,2	154,10	38,53	0,50	0,25
LB5	38,5	43	39,2	44	164,70	41,18	2,73	1,37
LB6	47	47,3	51,1	48,3	193,70	48,43	1,87	0,93
LMB4	40	38,5	39,4	42,5	160,40	40,10	1,71	0,86
LMB5	44,5	45	46	45	180,50	45,13	0,63	0,31
LMB6	59	48	47,5	54	208,50	52,13	5,45	2,73
<b>Total</b>	425	419	423,1	435,6	1702,70	42,57		
<b>Rata-rata</b>	42,5	41,9	42,31	43,56				

Analisis Sidik Ragam

SK	Db	JK	KT	F. Hit	F. Tabel 5%	F. Tabel 1%	Notasi
Perlakuan	9	1045,05	116,12	22,08	2,21	3,07	**
Error (Galat)	30	157,76	5,26				
Total	39	1202,808					

FK = 72479,7

CV = 0,35

Uji BNJ 5%

P	10
Standar Deviasi	0,73
q (5%;dbE;p)	4,82
BNJ 5%	3,50

## Uji Lanjut BNJ 5%

Perlakuan	Rata-rata	LMB6	LB6	LM6	LMB5	LM4	LB5	LMB4	LB4	LM5	L0	Notasi
		52,13	48,43	46,13	45,13	42,2	41,18	40,1	38,53	37,35	34,53	
LMB6	52,13	0										a
LB6	48,43	3,7	0									b
LM6	46,13	6	2,3	0								b
LMB5	45,13	7	3,3	1	0							bc
LM4	42,2	9,93	6,23	3,93	2,93	0						cd
LB5	41,18	10,95	7,25	4,95	3,95	1,02	0					de
LMB4	40,1	12,03	8,33	6,03	5,03	2,1	1,08	0				def
LB4	38,53	13,6	9,9	7,6	6,6	3,67	2,65	1,57	0			ef
LM5	37,35	14,78	11,08	8,78	7,78	4,85	3,83	2,75	1,18	0		fg
L0	34,53	17,6	13,9	11,6	10,6	7,67	6,65	5,57	4	2,82	0	g

## 4.2 Laju Pertumbuhan Tinggi Tanaman

Data Laju Pertumbuhan Tinggi Tanaman

Perlakuan	Replikasi				Total	Rata-rata	STDEV	SEM
	1	2	3	4				
L0	0,77	0,79	0,78	0,78	3,12	0,78	0,01	0,004
LM4	0,94	1,12	1,05	0,93	4,04	1,01	0,09	0,046
LM5	0,83	0,8	0,85	0,85	3,33	0,83	0,02	0,012
LM6	0,93	1,02	1,17	1,22	4,34	1,09	0,13	0,067
LB4	0,88	0,9	0,89	0,9	3,57	0,89	0,01	0,005
LB5	0,81	1,06	0,87	1,13	3,87	0,97	0,15	0,076
LB6	1,12	1,1	1,38	0,99	4,59	1,15	0,17	0,083
LMB4	0,99	0,93	0,95	0,76	3,63	0,91	0,10	0,051
LMB5	0,97	1,03	1,1	1,09	4,19	1,05	0,06	0,030
LMB6	1,67	1,24	1,21	1,42	5,54	1,39	0,21	0,106
<b>Total</b>	9,91	9,99	10,25	10,07	40,22	10,06		
<b>Rata-rata</b>	0,991	0,999	1,025	1,007				

Analisis Sidik Ragam

SK	db	JK	KT	F. Hit	F. Tabel 5%	F. Tabel 1%	Notasi
Perlakuan	9	1,11	0,12	9,05	2,21	3,07	**
Error (Galat)	30	0,41	0,01				
Total	39	1,51539					

$$FK = 40,44121$$

$$CV = 0,04$$

Uji BNJ 5%

P	10
Standar Deviasi	0,04
q (5%;dbE;p)	4,82
BNJ 5%	0,178

Uji Lanjut BNJ 5%

Perlakuan	Rata-rata	LMB6	LB6	LM6	LM4	LB5	LMB4	LMB5	LM5	LB4	L0	Notasi
		1,39	1,15	1,09	1,05	1,01	0,97	0,91	0,89	0,83	0,78	
LMB6	1,39	0										a
LB6	1,15	0,24	0									b
LM6	1,09	0,3	0,060	0								bc
LMB5	1,05	0,34	0,100	0,040	0							bcd
LM4	1,01	0,38	0,140	0,080	0,040	0						bcd
LB5	0,97	0,42	0,180	0,120	0,080	0,040	0					cde
LMB4	0,91	0,48	0,240	0,180	0,140	0,100	0,060	0				def
LB4	0,89	0,5	0,260	0,200	0,160	0,120	0,080	0,020	0			def
LM5	0,83	0,56	0,320	0,260	0,220	0,180	0,140	0,080	0,060	0		ef
L0	0,78	0,61	0,370	0,310	0,270	0,230	0,190	0,130	0,110	0,050	0	f

### 4.3 Jumlah Daun

Data Jumlah Daun

Perlakuan	Replikasi				Total	Rata-rata	STDEV	SEM
	1	2	3	4				
L0	17	17	17	16	67	16,8	0,50	0,25
LM4	22	21	20	22	85	21,3	0,96	0,48
LM5	18	19	18	19	74	18,5	0,58	0,29
LM6	21	23	20	22	86	21,5	1,29	0,65
LB4	19	18	18	18	73	18,3	0,50	0,25
LB5	21	21	20	22	84	21,0	0,82	0,41
LB6	23	22	23	22	90	22,5	0,58	0,29
LMB4	22	18	20	22	82	20,5	1,91	0,96
LMB5	21	20	19	22	82	20,5	1,29	0,65
LMB6	23	22	23	26	94	23,5	1,73	0,87
<b>Total</b>	207	201	198	211	817	20,4		
<b>Rata-rata</b>	20,7	20,1	19,8	21,1				

Analisis Sidik Ragam

SK	Db	JK	KT	F. Hit	F. Tabel 5%	F. Tabel 1%	Notasi
Perlakuan	9	151,53	16,84	13,20	2,25	3,07	**
Error (Galat)	30	38,25	1,28				
Total	39	189,775					

FK = 16687,23

CV = 0,25

Uji BNJ 5%

P	10
Standar Deviasi	0,36
q (5%;dbE;p)	4,82
BNJ 5%	1,72

Uji Lanjut BNJ 5%

Perlakuan	Rata-rata	LMB6	LB6	LM6	LM4	LB5	LMB4	LMB5	LM5	LB4	L0	Notasi
		23,5	22,5	21,5	21,3	21	20,5	20,5	18,5	17,8	16,8	
LMB6	23,5	0										a
LB6	22,5	1	0									ab
LM6	21,5	2	1	0								bc
LM4	21,3	2,2	1,2	0,2	0							bc
LB5	21	2,5	1,5	0,5	0,3	0						bc
LMB4	20,5	3	2	1	0,8	0,5	0					c
LMB5	20,5	3	2	1	0,8	0,5	0	0				c
LM5	18,5	5	4	3	2,8	2,5	2	2	0			d
LB4	17,8	5,7	4,7	3,7	3,5	3,2	2,7	2,7	0,7	0		d
L0	16,8	6,7	5,7	4,7	4,5	4,2	3,7	3,7	1,7	1	0	d

#### 4.4 Kandungan Klorofil Daun

##### Data Kandungan Klorofil Daun

Perlakuan	Replikasi				Total	Rata-rata	STDEV	SEM
	1	2	3	4				
L0	460,482	460,48	488,80	464,20	1873,965786	468,5	13,65	6,83
LM4	490,719	544,17	528,01	477,36	2040,257813	510,1	31,25	15,62
LM5	475,468	456,78	520,03	560,60	2012,877155	503,2	46,56	23,28
LM6	486,881	532,02	506,24	568,92	2094,059207	523,5	35,47	17,74
LB4	548,25	568,92	460,48	552,35	2129,998806	532,5	48,84	24,42
LB5	637,97	637,97	596,43	532,02	2404,394945	601,1	50,04	25,02
LB6	651,42	583,64	560,60	653,68	2449,336679	612,3	47,39	23,69
LMB4	550,298	587,89	484,97	552,35	2175,502176	543,9	42,90	21,45
LMB5	653,677	653,68	644,68	667,31	2619,34368	654,8	9,34	4,67
LMB6	792,373	854,3473359	713,94	815,29	3175,957276	794,0	59,18	29,59
Total	5747,538	5879,890227	5504,177896	5844,087284	22975,69352	574,4		
Rata-rata	574,7538	587,9890227	550,4177896	584,4087284				

##### Analisis Sidik Ragam

SK	Db	JK	KT	F. Hit	F. Tabel 5%	F. Tabel 1%	Notasi
Perlakuan	9	330161,15	36684,57	21,39	2,21	3,07	**
Error (Galat)	30	51456,58	1715,22				
Total	39	381617,7315					

FK = 13197062

CV = 0,27

##### Uji BNJ 5%

P	10
Standar Deviasi	13,10
q (5%;dbE;p)	4,82
BNJ 5%	63,13

##### Uji Lanjut BNJ 5%

Perlakuan	Rata-rata	LMB6	LMB5	LB6	LB5	LMB4	LB4	LM6	LM4	LM5	L0	Notasi
LMB6	794	0										a
LMB5	654,8	139,2	0									b
LB6	612,3	181,7	42,5	0								b
LB5	601,1	192,9	53,7	11,2	0							bc
LMB4	543,9	250,1	110,9	68,4	57,2	0						cd
LB4	532,5	261,5	122,3	79,8	68,6	11,4	0					d
LM6	523,5	270,5	131,3	88,8	77,6	20,4	9	0				de
LM4	510,1	283,9	144,7	102,2	91	33,8	22,4	13,4	0			de
LM5	503,1	290,9	151,7	109,2	98	40,8	29,4	20,4	7	0		de
L0	468,5	325,5	186,3	143,8	132,6	75,4	64	55	41,6	34,6	0	e

#### 4.5 Berat Tajuk Tanaman

##### Data Berat Tajuk Tanaman

Perlakuan	Replikasi				Total	Rata-rata	STDEV	SEM
	1	2	3	4				
L0	28	30	35	32	125,00	31,25	2,99	1,49
LM4	50	62	64	51	227,00	56,75	7,27	3,64
LM5	46	52	50	49	197,00	49,25	2,50	1,25
LM6	61	71	59	63	254,00	63,50	5,26	2,63
LB4	39	41	44	38	162,00	40,50	2,65	1,32
LB5	55	60	65	58	238,00	59,50	4,20	2,10
LB6	61	62	69	67	259,00	64,75	3,86	1,93
LMB4	45	46	52	44	187,00	46,75	3,59	1,80
LMB5	65	56	55	64	240,00	60,00	5,23	2,61
LMB6	71	64	66	74	275,00	68,75	4,57	2,29
Total	521	544	559	540	2164,00	54,10		
Rata-rata	52,1	54,4	55,9	54				

##### Analisis Sidik Ragam

SK	db	JK	KT	F. Hit	F. Tabel 5%	F. Tabel 1%	Notasi
Perlakuan	9	5088,10	565,34	28,77	2,21	3,07	**
Error (Galat)	30	589,50	19,65				
Total	39	5677,60					

FK = 117072

CV = 0,60

##### Uji BNJ 5%

P	10
Standar Deviasi	1,40
q (5%;dbE;p)	4,82
BNJ 5%	6,76

##### Uji Lanjut BNJ 5%

Perlakuan	Rata-rata	LMB6	LB6	LM6	LMB5	LB5	LM4	LM5	LMB4	LB4	L0	Notasi
LMB6	68,75	0										a
LB6	64,75	4	0									ab
LM6	63,5	5,25	1,25	0								abc
LMB5	60	8,75	4,75	3,5	0							bc
LB5	59,5	9,25	5,25	4	0,5	0						bc
LM4	56,75	12	8	6,75	3,25	2,75	0					c
LM5	49,25	19,5	15,5	14,25	10,75	10,25	7,5	0				d
LMB4	46,75	22	18	16,75	13,25	12,75	10	2,5	0			de
LB4	40,5	28,25	24,25	23	19,5	19	16,25	8,75	6,25	0		e
L0	31,25	37,5	33,5	32,25	28,75	28,25	25,5	18	15,5	9,25	0	f

#### 4.6 Berat Segar Tanaman

Data berat segar tanaman

Perlakuan	Replikasi				Total	Rata-rata	STDEV	SEM
	1	2	3	4				
L0	43	45	54	53	195	48,8	5,56	2,78
LM4	73	88	89	78	328	82,0	7,79	3,89
LM5	64	74	71	68	277	69,3	4,27	2,14
LM6	85	92	82	85	344	86,0	4,24	2,12
LB4	53	59	65	52	229	57,3	6,02	3,01
LB5	76	77	85	78	316	79,0	4,08	2,04
LB6	78	80	89	87	334	83,5	5,32	2,66
LMB4	61	65	73	61	260	65,0	5,66	2,83
LMB5	88	77	76	83	324	81,0	5,60	2,80
LMB6	93	92	92	100	377	94,3	3,86	1,93
<b>Total</b>	714	749	776	745	2984	74,6		
<b>Rata-rata</b>	71,4	74,9	77,6	74,5				

Analisis Sidik Ragam

SK	Db	JK	KT	F. Hit	F. Tabel 5%	F. Tabel 1%	Notasi
Perlakuan	9	7201,60	800,18	27,85	2,21	3,07	**
Error (Galat)	30	862,00	28,73				
Total	39	8063,6					

FK = 222606,4

CV = 0,62

Uji BNJ 5%

P	10
Standar Deviasi	1,70
q (5%;dbE;p)	4,82
BNJ 5%	8,17

Uji Lanjut BNJ 5%

Perlakuan	Rata-rata	LMB6	LM6	LB6	LM4	LMB5	LB5	LM5	LMB4	LB4	L0	Notasi
		94,3	86	83,8	82	81	79	69,3	65	57,3	48,8	
LMB6	94,3	0										a
LM6	86	8,3	0									b
LB6	83,8	10,5	2,2	0								b
LM4	82	12,3	4	1,8	0							b
LMB5	81	13,3	5	2,8	1	0						b
LB5	79	15,3	7	4,8	3	2	0					b
LM5	69,3	25	16,7	14,5	12,7	11,7	9,7	0				c
LMB4	65	29,3	21	18,8	17	16	14	4,3	0			cd
LB4	57,3	37	28,7	26,5	24,7	23,7	21,7	12	7,7	0		d
L0	48,8	45,5	37,2	35	33,2	32,2	30,2	20,5	16,2	8,5	0	e

#### 4.7 Berat Kering Tajuk Tanaman

Data Berat Kering Tajuk Tanaman

Perlakuan	Replikasi				Total	Rata-rata	STDEV	SEM
	1	2	3	4				
L0	2,85	3,01	3,09	3,23	12,18	3,05	0,16	0,08
LM4	5,07	5,3	5,63	5,25	21,25	5,31	0,23	0,12
LM5	5,1	5,95	5,4	4,94	21,39	5,35	0,44	0,22
LM6	6,56	6,85	6,53	6,57	26,51	6,63	0,15	0,07
LB4	4,58	4,53	4,43	4,21	17,75	4,44	0,16	0,08
LB5	5,67	5,57	5,08	5,4	21,72	5,43	0,26	0,13
LB6	6,86	6,87	7,02	7,04	27,79	6,95	0,10	0,05
LMB4	5,47	5,35	4,85	5,09	20,76	5,19	0,28	0,14
LMB5	6,34	6,07	6,27	6,01	24,69	6,17	0,16	0,08
LMB6	7,58	7,51	7,44	11,15	33,68	8,42	1,82	0,91
<b>Total</b>	56,08	57,01	55,74	58,89	227,72	5,69		
<b>Rata-rata</b>	5,608	5,701	5,574	5,889				

Analisis Sidik Ragam

SK	Db	JK	KT	F. Hit	F. Tabel 5%	F. Tabel 1%	Notasi
Perlakuan	9	77,15	8,57	22,44	2,21	3,07	**
Error (Galat)	30	11,46	0,38				
Total	39	88,61					

FK = 1296,41

CV = 0,26

Uji BNJ 5%

P	10
Standar Deviasi	0,20
q (5%;dbE;p)	4,82
BNJ 5%	0,94

Uji Lanjut BNJ 5%

Perlakuan	Rata-rata	LMB6	LB6	LM6	LM4	LB5	LMB4	LMB5	LM5	LB4	L0	Notasi
LMB6	8,42	0										a
LB6	6,95	1,47	0									b
LM6	6,63	1,79	0,32	0								b
LMB5	6,17	2,25	0,78	0,46	0							bc
LB5	5,43	2,99	1,52	1,2	0,74	0						cd
LM5	5,35	3,07	1,6	1,28	0,82	0,08	0					cde
LM4	5,31	3,11	1,64	1,32	0,86	0,12	0,04	0				cde
LMB4	5,19	3,23	1,76	1,44	0,98	0,24	0,16	0,12	0			de
LB4	4,44	3,98	2,51	2,19	1,73	0,99	0,91	0,87	0,75	0		e
L0	3,05	5,37	3,9	3,58	3,12	2,38	2,3	2,26	2,14	1,39	0	f

#### 4.8 Berat Kering Tanaman

Data Berat Kering Tanaman

Perlakuan	Replikasi				Total	Rata-rata	STDEV	SEM
	1	2	3	4				
L0	4,01	4,39	4,78	4,46	17,64	4,41	0,32	0,16
LM4	7,46	7,76	7,99	7,46	30,67	7,67	0,26	0,13
LM5	7,78	7,5	7,34	7,31	29,93	7,48	0,22	0,11
LM6	8,29	10,18	8,54	8,97	35,98	9,00	0,84	0,42
LB4	6,32	6,35	6,14	6,22	25,03	6,26	0,10	0,05
LB5	7,37	7,46	7,32	7,26	29,41	7,35	0,08	0,04
LB6	9,29	9,48	9,23	9,22	37,22	9,31	0,12	0,06
LMB4	6,75	7,59	7,4	6,95	28,69	7,17	0,39	0,19
LMB5	8,51	8,17	8,46	8,42	33,56	8,39	0,15	0,08
LMB6	10,35	10,25	10,34	15,39	46,33	11,58	2,54	1,27
Total	76,13	79,13	77,54	81,66	314,46	7,86		
Rata-rata	7,613	7,913	7,754	8,166				

Analisis Sidik Ragam

SK	Db	JK	KT	F. Hit	F. Tabel 5%	F. Tabel 1%	Notasi
Perlakuan	9	131,58	14,62	19,32	2,21	3,07	**
Error (Galat)	30	22,70	0,76				
Total	39	154,2749					

FK = 2472,127

CV = 0,31

Uji BNJ 5%

P	10
Standar Deviasi	0,28
q (5%;dbE;p)	4,82
BNJ 5%	1,33

Uji Lanjut BNJ 5%

Perlakuan	Rata-rata	LMB6	LB6	LM6	LM4	LB5	LMB4	LMB5	LM5	LB4	L0	Notasi
LMB6	11,58	0										a
LB6	9,31	2,27	0									b
LM6	9	2,58	0,31	0								b
LMB5	8,39	3,19	0,92	0,61	0							bc
LM4	7,67	3,91	1,64	1,33	0,72	0						c
LM5	7,48	4,1	1,83	1,52	0,91	0,19	0					cd
LB5	7,35	4,23	1,96	1,65	1,04	0,32	0,13	0				cd
LMB4	7,17	4,41	2,14	1,83	1,22	0,5	0,31	0,18	0			cd
LB4	6,26	5,32	3,05	2,74	2,13	1,41	1,22	1,09	0,91	0		d
L0	4,41	7,17	4,9	4,59	3,98	3,26	3,07	2,94	2,76	1,85	0	e