

**PENGARUH LAMA PAPARAN CAHAYA LED MERAH DAN BIRU
TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN TOMAT (*Solanum
lycopersicum* L.) PADA SISTEM INDOOR**

SKRIPSI

Oleh:
NURUL HAZWANI
NIM. 16640027



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

**PENGARUH LAMA PAPARAN CAHAYA LED MERAH DAN BIRU
TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN TOMAT (*Solanum
lycopersicum* L.) PADA SISTEM INDOOR**

SKRIPSI

Diajukan kepada:

**Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

Oleh:

**NURUL HAZWANI
NIM. 16640027**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

PENGARUH LAMA PAPARAN CAHAYA LED MERAH DAN BIRU
TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN TOMAT (*Solanum
lycopersicum* L.) PADA SISTEM INDOOR

SKRIPSI

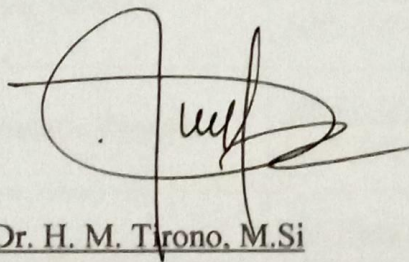
Oleh:

Nurul Hazwani

NIM. 16640027

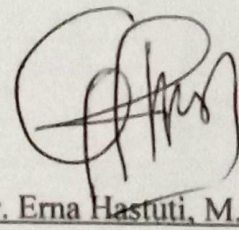
Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada tanggal 4 Agustus 2021

Dosen Pembimbing I



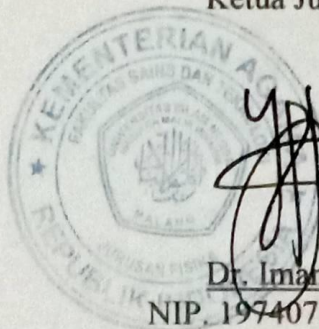
Dr. H. M. Tirono, M.Si
NIP. 19641211 199111 1 001

Dosen Pembimbing II



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

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



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

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH LAMA PAPARAN CAHAYA LED MERAH DAN BIRU TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN TOMAT (*Solanum lycopersicum l.*) PADA SISTEM INDOOR

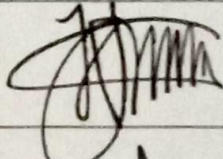
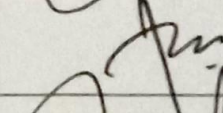
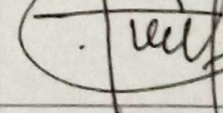
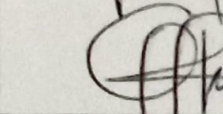
SKRIPSI

Oleh:

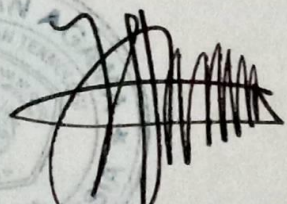
Nurul Hazwani

NIM. 16640027

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal 23 Agustus 2021

Penguji Utama	:	<u>Dr. Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002	
Ketua Penguji	:	<u>Farid Samsu Hananto, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Sekretaris Penguji	:	<u>Dr. H. M. Tirono, M.Si</u> NIP. 19641211 199111 1 001	
Anggota Penguji	:	<u>Dr. Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika



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

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurul Hazwani
NIM : 16640027
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Pengaruh Lama Paparan Cahaya LED Merah dan Biru Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) pada Sistem Indoor

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

Malang, 23 Agustus 2021
Yang Membuat Pernyataan



Nurul Hazwani
NIM. 16640027

MOTTO

Jangan membenci, tak peduli seberapa banyak kesalahannya terhadapmu.

Berpikirlah positif, tak peduli seberapa keras kehidupanmu.

Maafkan mereka yang bersalah padamu.

Doakan yang terbaik untuk orang yang kau cintai.

(Ali bin Abi Thalib)

Jika ingin hidup bahagia, terikatlah pada tujuan, bukan orang atau benda.

(Albert Einstein)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan rasa syukur Alhamdulillah, kupersembahkan tugas akhir ini dan rasa terimakasih untuk:

1. Bapak Ibrahim dan Alm. Ibu Hamidah untuk dukungan, motivasi serta doa yang selalu mengiringi setiap langkahku. Terimakasih pula atas kesabaran dan kepercayaan yang telah diberikan sehingga saya dapat menjalani dan bertahan di setiap rintangan dalam hidup ini.
2. Para dosen dan pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dari awal hingga akhir kuliah. Semoga ilmu yang diberikan berkah dan bermanfaat.
3. Bude dan Pakde asrama Al-Ikhsan untuk dukungan dan segala bantuan ketika saya menemui kesulitan selama tinggal di asrama.
4. Teman – teman seperjuangan fisika UIN Malang angkatan 2016 serta Sahabat saya Marisa dan Fakhriyah yang telah membantu, memberikan semangat serta menemani dalam suka duka hingga terselesaikannya skripsi ini.

Terimakasih, semoga Allah membalas doa dan kebaikan kalian semua.
Aamiin..

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbilalaamiin, segala puji atas kehadiran Allah SWT. Yang telah memberi rahmat, nikmat berupa kesehatan, kekuatan, serta kesabaran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Lama Paparan Cahaya LED Merah Dan Biru Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) Pada Sistem Indoor ”. sholawat serta salam selalu tercurah limpahkan kepada Baginda Rasulullah SAW yang telah menuntun manusia dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang.

Dengan ini Penulis menyadari dapat menyelesaikan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini. Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya diucapkan kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Ibu Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Bapak Drs. Abdul Basid, M.Si selaku ketua Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Bapak Dr. H. M. Tirono, M.Si selaku Dosen Pembimbing Jurusan yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, pengarahan, dan ilmu pengetahuan.
5. Segenap Dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa memberikan pengarahan dan ilmu pengetahuan.

6. Segenap keluarga tercinta di rumah yang selalu memberi doa dan dukungan selama proses penulisan skripsi ini.
7. Teman – teman angkatan 2016 yang senantiasa memberi semangat dan dukungan kepada penulis.
8. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan dukungan dalam penulisan skripsi ini.

Tak ada kata lain yang dapat penulis ucapkan kecuali ucapan terima kasih, semoga amal baik yang telah diberikan kepada penulis senantiasa mendapatkan balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu kritik serta saran sangat diharapkan untuk perbaikan kedepannya. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca khususnya didunia pendidikan.

Malang, 23 Agustus 2021

penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGANTAR	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat	5
1.5 Batasan Masalah.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Lampu LED (<i>Light Emitting Diode</i>).....	7
2.1.1 Pengaruh Warna Cahaya Led Biru dan Merah Terhadap Tanaman	8
2.1.2 Spektrum Cahaya Tampak	9
2.2 Intensitas Cahaya	9
2.3 Tomat (<i>Solanum Lycopersicum L.</i>).....	11
2.3.1 Klasifikasi Tomat	11
2.3.2 Morfologi Tomat.....	11
2.3.3 Syarat Tumbuh Tomat.....	13
2.4 Pengaruh Fotoperiodisme Terhadap Pertumbuhan Tanaman	14
2.5 Respon Tumbuhan Terhadap Warna Cahaya.....	15
2.5.1 Reaksi Terang.....	15
2.5.2 Reaksi Gelap	19
2.6 Sistem <i>Indoor</i>	20
BAB III METODOLOGI	
3.1 Jenis Penelitian.....	21
3.2 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	21
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	21
3.4 Desain Rangkaian.....	22
3.5 Tahap dan Alur Penelitian.....	23
3.6 Prosedur Penelitian.....	24
3.6.1 Pembuatan Media Penerangan	24
3.6.2 Pengujian Luminesensi	24
3.6.3 Prosedur Penanaman	24
3.6.4 Pemaparan Lampu LED.....	25
3.7 Teknik Pengambilan Data	26
3.8 Teknik Analisis Data.....	27

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian.....	28
4.1.1 Pengaruh Warna Lampu LED Biru dan Merah Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat (<i>Solanum lycopersicum l.</i>)	28
4.1.2 Pengaruh Lama Paparan Lampu LED Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat (<i>Solanum lycopersicum l.</i>)	36
4.2 Pembahasan.....	46
4.3 Integrasi Al-Qur'an	52

BAB VPENUTUP

5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran.....	55

DAFTAR PUSTAKA	56
-----------------------------	----

LAMPIRAN	61
-----------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Proses Fluoresensi	18
Gambar 2.2	Proses Reaksi Terang	19
Gambar 3.1	Desain Rangkaian Perlakuan Tanaman Tomat	22
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 4.1	Grafik Pengaruh Warna Lampu LED Biru Dan Merah Terhadap Tinggi Tanaman (cm).....	30
Gambar 4.2	Grafik Pengaruh Warna Lampu LED Biru Dan Merah Terhadap Jumlah Daun (helai)	32
Gambar 4.3	Grafik Pengaruh Warna Lampu LED Terhadap Kadar Klorofil (mg/l)	35
	4.3(a) Warna Lampu LED Merah.....	35
	4.3(b) Warna Lampu LED Biru.....	35
Gambar 4.4	Grafik Pengaruh Lama Paparan Lampu LED Terhadap Tinggi Tanaman (cm).....	38
Gambar 4.5	Grafik Pengaruh Lama Paparan Lampu LED Terhadap Jumlah Daun (helai)	41
Gambar 4.6	Grafik Pengaruh Lama Paparan Lampu LED Terhadap Kadar Klorofil (mg/l)	44
	4.6(a) Warna Lampu LED Merah.....	44
	4.6(b) Warna Lampu LED Biru.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spektrum Cahaya Tampak	9
Tabel 2.2	Komposisi dan Kandungan Zat Gizi Buah Tomat	12
Tabel 3.1	Pengukuran Tinggi Tanaman	26
Tabel 3.2	Perhitungan Jumlah Daun	26
Table 3.3	Kadar Klorofil	27
Tabel 4.1	Data Hasil Tinggi Tanaman Tomat.....	29
Tabel 4.2	Data Hasil Jumlah Daun Tanaman Tomat	31
Tabel 4.3	Data Hasil Nilai Absorbansi	33
Tabel 4.4	Data Hasil Perhitungan Kadar Klorofil a dan b Daun Tomat	34
Tabel 4.5	Data Hasil Tinggi Tanaman Tomat.....	36
Tabel 4.6	Data Hasil Jumlah Daun	39
Tabel 4.7	Rata – Rata Jumlah Daun Pada Warna Lampu Dan Lama Paparan.....	40
Tabel 4.8	Data Hasil Nilai Absorbansi	42
Tabel 4.9	Data Hasil Kadar Klorofil a dan b Daun Tomat	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Penelitian	61
Lampiran 2 Analisis ANOVA dan Uji Lanjut Duncan 5%.....	72
Lampiran 3 Bukti Penelitian	74

ABSTRAK

Hazwani, Nurul. 2021. **Pengaruh Lama Paparan Cahaya LED Merah Dan Biru Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) Pada Sistem Indoor**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Dosen Pembimbing: (I) Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si (II) Erna Hastuti, M.Si.

Kata kunci: Pertumbuhan Tanaman Tomat, lampu LED, Sistem Indoor.

Terjadinya fluktuasi produksi tomat di Indonesia dikarenakan oleh beberapa kendala seperti kurangnya tenaga kerja, perubahan musim atau cuaca, dan berkurangnya lahan pertanian yang terjadi karena adanya alih fungsi lahan yang sebagian besar digunakan untuk pembangunan perumahan penduduk, perkantoran, industri, dan lain – lain. Sehingga dibutuhkan sistem penanaman yang dapat mengatasi keterbatasan lahan tersebut yaitu dengan melakukan penanaman sistem indoor. Namun penanaman dengan sistem indoor ini memiliki kekurangan yaitu pencahayaan terhadap tanaman tidak cukup atau kurang sehingga dapat menyebabkan tanaman mengalami gejala etiolasi. Oleh karena itu dibutuhkan alternatif lain untuk menunjang pertumbuhan tanaman tomat. salah satunya dengan pemanfaatan lampu LED. Tujuan dari penelitian ini adalah: (1) mengetahui pengaruh warna cahaya LED merah dan biru terhadap pertumbuhan tanaman tomat. (2) Untuk mengetahui pengaruh lama paparan cahaya LED merah dan biru terhadap pertumbuhan tanaman tomat. (3) Untuk mengetahui pengaruh lama paparan cahaya LED merah dan biru terhadap kadar klorofil daun tanaman tomat. Penelitian ini menggunakan benih tomat unggul cap rajawali. Terdapat 2 perlakuan warna lampu LED yaitu merah, biru dan 5 perlakuan lama (waktu) paparan lampu LED yaitu 10 jam, 12 jam, 14 jam, 16 jam, dan 18 jam. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa warna lampu LED berpengaruh positif dalam meningkatkan jumlah daun, kadar klorofil, dan tinggi tanaman tomat. Pemaparan lampu LED warna merah memiliki pertumbuhan paling cepat dibandingkan dengan pemaparan lampu LED warna biru. Selain warna lampu LED, lama paparan lampu LED juga berpengaruh positif dalam pertumbuhan tanaman tomat, namun lama paparan yang terlalu tinggi dan terlalu rendah menyebabkan pertumbuhan tanaman tomat tidak maksimal. Oleh karena itu dapat ditarik kesimpulan bahwa warna lampu LED yang paling efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat adalah warna merah dengan lama paparan 16 jam.

ABSTRACT

Hazwani, Nurul. 2021. **Effects of Blue and Red LED Lights on Growth of Tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) in an Indoor System.** Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, State Islamic University (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisor: (I) Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si (II) Erna Hastuti, M.Si.

Key word: Growth of Tomatoes, LED Lights, Indoor System.

The occurrence of fluctuations in tomato production in Indonesia is caused by several obstacles such as lack of labor, changes in seasons or weather, and the reduction of agricultural land that occurs due to land conversion which is mostly used for the construction of residential housing, offices, industry, and others. So we need a planting system that can overcome the limitations of land, namely by planting an indoor system. However, planting with this indoor system has a drawback, namely that the lighting on the plants is insufficient or insufficient so that it can cause the plants to experience etiolation symptoms. Therefore, other alternatives are needed to support the growth of tomato plants. One of them is the use of LED lights. the purpose of this research are (1) to determine the effect of red and blue LED lights on the growth of tomato plants. (2) To determine the effect of long exposure to red and blue LED light on the growth of tomato plants. (3) To determine the effect of long exposure to red and blue LED light on the chlorophyll content of tomato plant leaves. This study used superior tomato seeds with the stamp of Rajawali. There are 2 LED light color treatments, namely red, blue and 5 treatments for the length of time (time) of exposure to LED lights, namely 10 hours, 12 hours, 14 hours, 16 hours, and 18 hours. The results of this study indicate that the color of the LED lamp has a positive effect in increasing the number of leaves, chlorophyll content, and tomato plant height. Exposure to red LED lights has the fastest growth compared to exposure to blue LED lights. In addition to the color of the LED lights, the length of exposure to the LED lights also has a positive effect on the growth of tomato plants with exposure times that are too high and too low causing the growth of tomato plants to be not optimal. Therefore, it can be concluded that the most effective LED light color in increasing the growth of tomato plants is red with 16 hours of exposure.

مستخلص

الحزواني ، نور. ٢٠٢١. تأثير التعرض الطويل لضوء LED الأحمر والأزرق على نمو نبات الطماطم (*Solanum lycopersicum* L.) في الأنظمة الداخلية. فرضية. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية بمالانج. المشرف: (١) الدكتور محمد تيران، (٢) ارنا حسوتي الماجستير.

نظام داخلي LED الكلمات الرئيسية: نمو نبات الطماطم ، مصابيح

تحدث التقلبات في إنتاج الطماطم في إندونيسيا بسبب عدة عقبات مثل نقص العمالة ، والتغيرات في المواسم أو الطقس ، وانخفاض الأراضي الزراعية الذي يحدث بسبب تحويل الأراضي ، والتي تستخدم في الغالب لبناء المساكن السكنية ، المكاتب والصناعة وغيرها. لذلك نحن بحاجة إلى نظام زراعة يمكنه التغلب على قيود الأرض ، أي عن طريق زرع نظام داخلي. ومع ذلك ، فإن الزراعة باستخدام هذا النظام الداخلي لها عيب ، وهو أن الإضاءة على النباتات ليست كافية أو أقل بحيث يمكن أن تتسبب في إصابة النباتات بأعراض التلف. لذلك ، هناك حاجة إلى بدائل أخرى لدعم نمو نباتات الطماطم. واحد منهم هو استخدام مصابيح LED. أهداف هذه الدراسة هي: (١) تحديد تأثير ألوان الضوء الأحمر والأزرق LED على نمو نباتات الطماطم. (٢) لتحديد تأثير التعرض الطويل لضوء LED الأحمر والأزرق على نمو نباتات الطماطم. (٣) لتحديد تأثير التعرض الطويل لضوء LED الأحمر والأزرق على محتوى الكلوروفيل في أوراق نبات الطماطم. استخدمت في هذه الدراسة بذور طماطم عالية الجودة تحمل ختم راجاوالي. هناك نوعان من معالجات لون الضوء LED ، وهما الأحمر والأزرق و ٥ علاجات لطول فترة التعرض لأضواء LED ، وهي ١٠ ساعات و ١٢ ساعة و ١٤ ساعة و ١٦ ساعة و ١٨ ساعة. تشير نتائج هذه الدراسة إلى أن لون ضوء LED له تأثير إيجابي في زيادة عدد الأوراق ومحتوى الكلوروفيل وارتفاع نبات الطماطم. يتمتع التعرض لأضواء LED الحمراء بأسرع نمو مقارنة بالتعرض لأضواء LED الزرقاء. بالإضافة إلى لون مصابيح LED ، فإن طول التعرض لأضواء LED له أيضًا تأثير إيجابي على نمو نباتات الطماطم مع أوقات تعرض مرتفعة جدًا ومنخفضة جدًا مما يؤدي إلى عدم نمو نباتات الطماطم بالشكل الأمثل. لذلك يمكن الاستنتاج أن لون مصباح LED الأكثر فاعلية في زيادة نمو نباتات الطماطم لون الأحمر مع التعرض الطويل لمدة ١٦ ساعة.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tomat (*solanum lycopersicum* L.) merupakan salah satu tanaman yang termasuk dalam famili Solanaceae. Tomat banyak dijumpai dalam kehidupan sehari – hari karena sering digunakan sebagai bahan masakan, seperti sup, sambal, dan merupakan salah satu bahan dasar pembuatan saus. Menurut Syukur (2015) tomat mengandung vitamin A dan C yang berguna untuk kesehatan tubuh manusia serta memiliki nilai ekonomi yang tinggi dalam agribisnis. Oleh karena itu, tanaman ini banyak diminati sebagian besar masyarakat Indonesia sehingga banyak permintaan tomat setiap tahunnya.

Berdasarkan data Direktorat Jenderal Hortikultura Kementerian Pertanian Republik Indonesia dalam skala nasional, produksi tomat mengalami fluktuasi pada kurun waktu 2003 – 2015. Produksi tomat tertinggi dicapai pada 2003, yaitu sebesar 17,33 Ton/Ha. Sedangkan produksi terendah dicapai pada 2006, yaitu sebesar 11,77 Ton/Ha. Pada tahun 2015 produksi tomat mencapai nilai sebesar 16,09 Ton/Ha. Selain itu dapat diketahui bahwa rata – rata laju pertumbuhan produktivitas tomat memiliki rata – rata persentase kenaikan sebesar 10,13% dan rata – rata persentase penurunan sebesar 10,96% (Departemen Pertanian, 2015).

Terjadinya fluktuasi produksi tomat dikarenakan oleh beberapa kendala yang dihadapi dalam penanaman seperti kurangnya tenaga kerja, pupuk, berkurangnya lahan pertanian, suhu yang terlalu tinggi, perubahan cuaca, dan faktor lainnya yang kurang mendukung dalam produktivitas tomat. Selain itu, berkurangnya lahan pertanian terjadi karena adanya alih fungsi lahan yang sebagian besar lahan digunakan untuk pembangunan perumahan penduduk,

perkantoran, industri, dan lain – lain. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem penanaman yang dapat mengatasi keterbatasan lahan tersebut yaitu dengan melakukan penanaman sistem indoor dimana penanaman dilakukan di dalam ruangan dengan menggunakan pot atau polibag.

Pembudidayaan tomat dengan sistem indoor memiliki kekurangan yaitu pencahayaan terhadap tanaman tidak cukup atau kurang tergantung pada jenis tanaman. Adapun kelebihanannya yaitu penggunaan lahan lebih efisien, mengurangi gangguan hama maupun penyakit, tidak bergantung pada musim, dan lain – lain. Tanaman yang tidak tercukupi kebutuhan cahayanya akan mengalami gejala etiolasi, yaitu kondisi tanaman lemah, warna daun tampak pucat dan batang tanaman tidak tegar (Lamusa, 2004).

Cahaya sangat dibutuhkan oleh setiap makhluk hidup terutama tumbuhan untuk proses fotosintesisnya. Sebagaimana Allah telah menciptakan matahari sebagai sumber energi cahaya bagi setiap makhluk – Nya di bumi. Di dalam Al-Qur'an surat An-Naba' ayat 13 Allah berfirman:

وَجَعَلْنَا سِرَاجًا وَهَّاجًا { ١٣ }

Artinya: dan kami menjadikan pelita yang terang – benderang (matahari).

Menurut tafsir Ibnu Katsir, bahwa makna “pelita yang terang-benderang” adalah matahari yang memancarkan sinarnya ke seluruh alam dan menyinari seluruh penghuni bumi (Abdullah, 2004). Kemudian menurut Sayyid Quthb dalam Afida, 2018 bahwa matahari bersinar terang serta menimbulkan rasa panas untuk kehidupan makhluk di bumi. Sesuai dengan kata *siraj* (pelita) yang dapat diartikan bisa menyinari dan memiliki panas. Begitu pula menurut penelitian Azis dan Maulana, 2019 dalam Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, 2016 bahwa

matahari dikatakan sebagai *siraj* (pelita) karena mengandung panas dan cahaya secara bersamaan. Matahari memiliki panas mencapai tiga puluh juta derajat karena terdapat materi-materi bertekanan tinggi pada matahari. Selain *siraj*, didalam Al-Qur'an terdapat kata *diya'* dan *nur* yang juga berarti sinar atau cahaya. Kata *diya'* memiliki makna pancaran sinar yang berasal dari dirinya sendiri sehingga didalam Al-Qur'an juga digunakan untuk menjelaskan tentang matahari. Sedangkan *nur* juga bermakna cahaya namun dalam arti kiasan yakni cahaya petunjuk atau hidayah Allah SWT. Adapun penelitian ini dilakukan di dalam ruangan sehingga pencahayaan terhadap tanaman menggunakan lampu yang juga memiliki sifat yang sesuai dengan dua sifat matahari yaitu bisa memancarkan sinar dan memiliki panas (kalor).

Pada penelitian ini penerangan cahaya pada tanaman menggunakan lampu LED (*Light Emitting Diode*). Lampu LED memiliki beberapa keunggulan yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman, seperti kemampuan untuk mengontrol komposisi spektral, panjang gelombang yang dapat disesuaikan dengan fotoreseptor tanaman untuk mempengaruhi morfologi dan metabolisme tanaman sehingga dapat menghasilkan produksi yang lebih optimal, dan tidak mengeluarkan suhu yang tinggi atau relatif dingin sehingga sumber cahaya ini ideal untuk digunakan dalam desain pencahayaan terhadap tanaman (Spalholz *et al.*, 2020). Tanaman membutuhkan cahaya yang berada dalam tiga rentang panjang gelombang untuk fotosintesis, fototropisme, dan fotomorfogenesis. Panjang gelombang kisaran 642 – 662 nm dibutuhkan oleh pigmen fotosintesis yaitu puncak penyerapan klorofil a dan b. Panjang gelombang kisaran 400 – 500 nm dibutuhkan dalam proses fototropik, yang mengendalikan gerakan organ

tanaman dalam menanggapi cahaya dan optimalisasi reaksi biofisika dan biokimia. Panjang gelombang kisaran 730–735 nm dibutuhkan untuk morfogenesis tanaman, meliputi proses sintesis pigmen dan pengembangan tanaman yang sehat (Tamulaitis, *et al.*, 2005).

Pengaruh pemaparan cahaya LED terhadap tanaman telah diteliti oleh beberapa peneliti, salah satunya yaitu Huimin *et al.*, 2010 terkait keefektifan warna cahaya LED dalam mempengaruhi pertumbuhan tanaman, diketahui bahwa cahaya LED biru lebih efektif untuk sintesis klorofil, ketebalan daun dan pembukaan area stomata yang dapat meningkatkan laju fotosintesis, sedangkan cahaya LED merah efektif untuk pertumbuhan akar, sukrosa, kadar gula pada planlet kapas dataran tinggi. Berdasarkan hasil penelitian Syarifuddin, *et al.*, 2015 menunjukkan bahwa pemberian cahaya tambahan lampu LED merah dan biru terhadap tanaman krisan menghasilkan jumlah daun lebih banyak dibandingkan warna lampu lain. Menurut penelitian Wiguna, *et al.*, 2015 tanaman krisan yang diberi cahaya tambahan lampu LED merah menghasilkan pertumbuhan paling baik dengan tinggi tanaman yang tertinggi yaitu 71,50 cm, jumlah daun terbanyak yaitu 33,00 helai dan luas kanopi daun yang terbesar yaitu 478,34 cm².

Berdasarkan penelitian Yoginugraha, *et al.*, 2017 menyatakan bahwa penambahan cahaya LED merah selama 3 jam menghasilkan rata – rata jumlah bunga lebih banyak yaitu 23,67 buah dibandingkan dengan tanaman yang tidak dipapari cahaya LED yaitu 15,67 buah. Menurut penelitian Menard, 2006 pemaparan cahaya LED biru terhadap tanaman tomat selama 12 jam diperoleh rata – rata laju pertumbuhan relatif meningkat sebesar 47% dibandingkan dengan pemaparan selama 20 jam rata – rata laju pertumbuhan relatif menurun yaitu 42%.

Penelitian sebelumnya tidak menjelaskan tentang variasi waktu lama pemaparan cahaya terhadap tanaman. Oleh karena itu, dilakukan penelitian terkait lama paparan cahaya LED dengan variasi waktu 10 jam, 12 jam, 14 jam, 16 jam dan 18 jam. Penelitian ini diharapkan dapat mengetahui waktu lama paparan yang dapat mengoptimalkan pertumbuhan tanaman, sehingga dapat meningkatkan produksi tomat yang dibutuhkan oleh masyarakat Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka didapatkan rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana efek warna cahaya LED merah dan biru terhadap pertumbuhan tanaman tomat.
2. Bagaimana efek lama paparan cahaya LED merah dan biru terhadap pertumbuhan tanaman tomat.
3. Bagaimana efek lama paparan cahaya LED merah dan biru terhadap kadar klorofil daun tanaman tomat.

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui efek warna cahaya LED merah dan biru terhadap pertumbuhan tanaman tomat.
2. Untuk mengetahui efek lama paparan cahaya LED merah dan biru terhadap pertumbuhan tanaman tomat.
3. Untuk mengetahui efek lama paparan cahaya LED merah dan biru terhadap kadar klorofil daun tanaman tomat

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah memberi informasi ilmiah tentang pengaruh pertumbuhan tanaman tomat (*Solanum Lycopersicum* L.) jika diberi penyinaran lampu LED dengan warna lampu dan lama waktu penyinaran yang berbeda.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Variasi waktu yang digunakan dalam penelitian ini adalah 10 jam, 12 jam, 14 jam, 16 jam dan 18 jam.
2. Warna lampu LED yang digunakan dalam penelitian ini adalah merah dan biru.
3. Tanaman tomat diukur pertumbuhannya selama 60 hari. Adapun variabel yang diukur meliputi: tinggi tanaman, jumlah daun, dan kadar klorofil daun. Adapun uji kadar klorofil dilakukan setelah tanaman berumur 60 hari. Intensitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah 200 lux.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lampu LED (Light Emitting Diode)

LED (Light Emitting Diode) merupakan salah satu lampu dalam perangkat elektronika yang terbuat dari plastik dan dioda semikonduktor yang didopping dengan ketidakmurnian untuk membuat sebuah struktur P – N junction. Uji coba LED untuk pertumbuhan tanaman dilakukan pada akhir tahun 19100 – an dan awal tahun 1990 – an di Amerika Serikat. Uji coba pertama dilakukan terhadap selada, bayam, gandum, dan kentang. LED memiliki warna cahaya yang bermacam – macam dan masing – masing memiliki panjang gelombang yang berbeda. Pada tanaman berklorofil dapat menyerap gelombang biru hingga merah sehingga yang dibutuhkan tanaman dalam proses fotosintesis adalah cahaya dengan spektrum antara 400 nm – 700 nm. Meskipun memancarkan intensitas cahaya yang tinggi akan tetapi radiasi panas yang dihasilkan sedikit (Morrow, 2010).

LED adalah perangkat elektronika semikonduktor yang dapat mengubah energi listrik lebih banyak menjadi cahaya. LED merupakan salah satu jenis lampu yang menggunakan prinsip kerja junction P – N. perangkat padat (*solid – state component*) dan keras sehingga dapat bertahan lama dengan usia relatif panjang, yaitu lebih dari 30.000 jam. Kelemahannya mudah rusak jika digunakan pada suhu lingkungan yang terlalu tinggi. Selain itu harga per lumen (satuan cahaya) lebih mahal dibandingkan dengan lampu jenis TL, SL dan pijar (Suhardi, 2014). Di dalam Al – Qur'an telah dijelaskan tentang cahaya atau lampu dalam QS Al – Furqan ayat 61:

تَبَرَّكَ الَّذِي جَعَلَ فِي السَّمَاءِ بُرُوجًا وَجَعَلَ فِيهَا سِرَاجًا وَقَمَرًا مُنِيرًا {٦١}

Artinya : “Maha suci Allah yang menjadikan di langit gugusan bintang – bintang dan Dia juga menjadikan padanya matahari dan bulan yang bersinar”.

Terdapat beberapa tafsir yang menjelaskan terkait kata *siraj* pada ayat di atas. Berdasarkan Al – Qur’an dan tafsirnya dalam Lajnah Pentashihan, 2016 dijelaskan bahwa kata *diya’*, *siraj*, dan *nur* digunakan untuk menjelaskan sifat cahaya yang ditimbulkan oleh matahari dan bulan. Sedangkan menurut Abdullah Yusuf Ali, 1935 dalam Lajnah Pentashihan Mushaf al – Qur’an, 2016 menjelaskan bahwa kata *siraj* diterjemahkan dengan *lamp*, yang juga berarti pelita atau sumber cahaya. Berdasarkan kamus kosakata Al – Qur’an, *siraj* diartikan lampu yang menyala pada malam hari, dan dapat juga bermakna segala sesuatu yang bersinar.

2.1.1 Pengaruh Warna Cahaya LED Biru dan Merah Terhadap Tanaman

1. Warna Biru

Menurut Runkle, 2015 cahaya biru (400 – 500 nm) dapat diserap tanaman untuk proses fotosintesis di mana mempengaruhi pembukaan stomata yang mengatur penyerapan karbondioksida yang dibutuhkan untuk fotosintesis dan penguapan air. Pada umumnya, cahaya biru menghambat pertumbuhan ekstensi sehingga tanaman tidak mengalami gejala etiolasi. Untuk pembungaan dibutuhkan intensitas yang lebih tinggi seperti $30 \mu\text{mol.m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ agar dapat mempengaruhi pembungaan tanaman.

2. Warna Merah

Untuk cahaya merah (600 – 700 nm) dianggap sebagai gelombang yang paling efisien untuk fotosintesis, akan tetapi dapat menghambat pembungaan pada tanaman pendek hari seperti bunga krisan, strawberry

dan lainnya. Sehingga lampu LED warna merah ini lebih sering digunakan pada tanaman hari panjang. Adapun cahaya hijau (500 – 600 nm) kurang efisien dalam merangsang fotosintesis daripada cahaya biru dan merah karena klorofil tidak dapat menyerap cahaya hijau dengan baik.

2.1.2 Spektrum Cahaya Tampak

Adapun tabel data spektrum cahaya tampak disajikan seperti pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Spektrum Cahaya Tampak (Arkundato, 2019).

Warna	λ (nm)	F (10^{12} Hz)
Merah	700 - 622	3104 - 4102
Oranye	622 - 597	4102 – 503
Kuning	597 - 577	503 – 520
Hijau	577 - 492	520 – 610
Biru	492 - 455	610 – 659
Violet	455- 390	657 - 769

2.2 Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya merupakan salah satu besaran pokok fisika dengan satuan SI yaitu Candela (Cd). Intensitas cahaya adalah kuat arus cahaya yang diemisikan setiap sudut ruang oleh sebuah sumber cahaya. Intensitas cahaya adalah banyaknya energi cahaya yang diterima oleh tanaman per satuan waktu (daya) per satuan luas yang tegak lurus terhadap arah rambat gelombang.

Energi yang dibawa cahaya tampak atau gelombang elektromagnetik dapat didefinisikan dengan persamaan berikut (Frederick, 2006):

$$E = \frac{1}{2} KA^2 \quad (2.1)$$

Dimana persamaan frekuensi gelombang diketahui:

$$K = 4\pi^2 mf^2 \quad (2.2)$$

Substitusi persamaan 2.2 ke persamaan 2.1, sehingga diperoleh:

$$E = 2\pi^2 mf^2 A^2 \quad (2.3)$$

Energi yang dibawa gelombang elektromagnetik didefinisikan sebagai intensitas gelombang yang dapat ditulis dengan persamaan berikut:

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{\text{daya}(\frac{\text{energi}}{\text{waktu}})}{\text{luas}} \quad (2.4)$$

Seorang ilmuwan Max Planck mengemukakan bahwa energi yang dipancarkan atau diserap oleh benda hitam berupa diskrit (paket – paket kecil) dalam jumlah terbatas yang masing – masing berkaitan dengan energi, yaitu (Beiser, 1992):

$$E = hf \quad (2.5)$$

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (2.6)$$

Dengan h adalah konstanta Planck dengan nilai $6,626 \times 10^{-34}$ Js dan f adalah frekuensi getaran molekul benda dalam Hz.

Cahaya tampak memiliki energi yang berbanding terbalik dengan panjang gelombang, yaitu semakin besar energinya maka semakin pendek panjang gelombangnya. Akan tetapi energi yang dibawa cahaya tampak sebanding dengan besar frekuensi, yaitu semakin besar energinya, semakin besar pula frekuensinya.

Intensitas cahaya dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Semakin tinggi intensitas cahaya yang diberikan, semakin cepat laju fotosintesis pada tanaman. Hal ini dikarenakan semakin banyak energi yang dapat mensintesis karbohidrat pada tanaman. Akan tetapi jika intensitas cahaya sangat tinggi atau berlebihan maka dapat merusak pigmen fotosintesis, struktur tilakoid

serta klorofil tidak mampu mengabsorpsi cahaya dengan baik (Akmalia, 2017). Berdasarkan sumbernya, cahaya dapat dibedakan menjadi dua yaitu cahaya alami dan cahaya buatan. Cahaya alami berasal dari matahari. Cahaya ini memiliki intensitas yang berbeda – beda. Cahaya ini banyak bekerja pada siang hari. Sedangkan cahaya buatan merupakan cahaya yang digunakan ketika malam hari yaitu untuk menggantikan matahari yang tidak lagi bersinar. Cahaya ini dibuat oleh manusia sendiri, misalnya lilin, lampu lentera, lampu listrik, dan lain – lain (Akmal, 2006).

2.3 Tomat (*Solanum Lycopersicum* L.)

2.3.1 Klasifikasi Tomat

Klasifikasi dari tanaman tomat menurut Simpson, 2010 adalah sebagai berikut:

Divisi : Spermatophyta
 Sub Divisi : Angiospermae
 Kelas : Dicotyledoneae
 Ordo : Tubiflorae
 Famili : Solanaceae
 Genus : *Lycopersicum*
 Spesies : *Solanum Lycopersicum* L.

2.3.2 Morfologi Tomat

Tanaman tomat merupakan tanaman yang termasuk tanaman berumur pendek. Tanaman ini memiliki akar tunggang dengan akar samping yang menjalar ke samping. Batangnya ditumbuhi rambut – rambut halus, berbentuk silinder, dan berwarna hijau. Daunnya termasuk daun majemuk, berbentuk oval

dan bergerigi. Warna bunga tomat yaitu kuning cerah yang mana dapat menyerbuk sendiri karena pada satu bunga terdapat alat kelamin betina sekaligus alat kelamin jantan yaitu putik dan benang sari. Bunganya merupakan bunga majemuk. Warna buah tomat bervariasi tergantung dari pigmen yang dominan. Buah yang masih muda memiliki warna hijau, sedangkan buah yang tua akan berwarna merah atau kuning. Buah yang kandungan vitamin C nya tinggi akan berwarna kuning, sedangkan buah yang menunjukkan kandungan likopen tinggi berwarna merah. Buah tomat memiliki diameter sekitar 4 – 15 cm (Setiawan, et al., 2015). Adapun kandungan yang terdapat dalam buah tomat disajikan dalam tabel 2.2 :

Tabel 2.2 Komposisi dan Kandungan Zat Gizi Buah Tomat

No.	Jenis Zat	Sari Air Tomat	Tomat Muda	Tomat tua
1	Kalori (kal)	15	23	20
2	Protein (g)	1	2	1
3	Lemak (g)	0,2	0,7	0,3
4	Karbohidrat (g)	3,5	2,3	4,2
5	Vitamin A (SI)	600	320	1.500
6	Vitamin B (mg)	0,5	0,07	0,6
7	Vitamin C (mg)	10	30	40
8	Kalsium (mg)	7	5	5
9	Fosfor (mg)	15	27	26
10	Besi (mg)	0,4	0,5	0,5
11	Air (g)	94	93	94

Sumber: Setiawan, dkk, 2015

2.3.3 Syarat Tumbuh Tomat

Syarat – syarat yang mempengaruhi pertumbuhan tomat adalah (Safriani, 2010):

1. Keadaan Iklim

Iklim merupakan faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman tomat.

Faktor iklim meliputi curah hujan, angin, cahaya matahari, dan suhu.

a. Curah Hujan

Pada umumnya curah hujan yang ideal untuk pertumbuhan tanaman tomat adalah 750 – 1.250 mm per tahun. Pada tanaman tomat terdapat fase vegetatif yang membutuhkan curah hujan yang cukup dan fase generatif membutuhkan curah hujan yang sedikit.

b. Angin

Tanaman tomat memiliki batang yang tidak terlalu keras sehingga lebih baik menanam tomat pada musim yang tidak banyak angin. Khususnya ketika tanaman tomat ditanam di lahan terbuka.

c. Cahaya Matahari

Tanaman tomat merupakan tanaman berhari netral sehingga membutuhkan cahaya matahari minimal 10 jam per hari untuk proses fotosintesisnya. Intensitas cahaya matahari yang tinggi dapat mempengaruhi kandungan buah tomat seperti vitamin C, karoten yang mana semakin tinggi jika intensitas cahayanya tinggi.

d. Suhu

pada siang hari tanaman tomat hanya membutuhkan suhu sekitar 24oC dan tidak dapat bertahan lama terhadap suhu di bawah 10oC.

Kelembaban dan suhu yang tinggi dapat menimbulkan penyakit pada tanaman tomat.

2. Keadaan Tanah

Tanaman tomat dapat tumbuh di dataran rendah maupun dataran tinggi dengan ketinggian mulai 100 m dpl – 1.250 m dpl. Selain itu pH tanah yang ideal selama pertumbuhan berkisar 5 – 6. Tanaman ini akan lebih baik jika ditanam menggunakan tanah yang gembur, subur dan mengandung banyak humus.

2.4 Pengaruh Fotoperiodisme Terhadap Pertumbuhan Tanaman

Fotoperiodisme adalah respon tumbuhan terhadap lamanya penyinaran yang dapat merangsang pembungaan. Fotoperiodisme pada tumbuhan dikendalikan oleh fitokrom. Fotoperiode tumbuhan berbeda – beda sesuai dengan jenis tumbuhan. Berdasarkan respon tumbuhan terhadap lamanya waktu terang dan gelap, tumbuhan dibedakan menjadi 3 macam yaitu tumbuhan hari pendek, tumbuhan hari panjang dan tumbuhan hari netral. Tanaman hari pendek hanya akan berbunga ketika mengalami fotoperiode kurang dari 12 jam per hari, tanaman hari panjang hanya akan berbunga ketika mengalami fotoperiode lebih dari 12 jam dan tanaman hari netral tidak sepenuhnya dipengaruhi oleh fotoperiodisme (Sutoyo, 2011).

Apabila tanaman hari pendek menyerap cahaya melebihi 12 jam (hari panjang), akan menghasilkan banyak karbohidrat dan protein yang digunakan untuk perkembangan batang dan daun sehingga pertumbuhan vegetatif lebih dominan sehingga tidak dapat membentuk bunga dan buah. Sebaliknya apabila tanaman hari panjang menyerap cahaya kurang dari 12 jam (hari pendek), akan

menghasilkan karbohidrat dan protein yang sedikit sehingga pertumbuhan vegetatif lambat dan tumbuhan tidak dapat berbunga maupun berbuah (Sutoyo, 2011). Selain mempengaruhi pembungaan tanaman, fotoperiodisme juga mempengaruhi respon fisiologi lainnya seperti perkecambahan biji, pembukaan dan penutupan stomata, pembentukan umbi pada tanaman kentang dan umbi-umbian yang lain, produksi dan kesuburan putik dan tepungsari, pembentukan percabangan dan pertumbuhan memanjang (Sutoyo, 2011).

2.5 Respon Tumbuhan Terhadap Warna Cahaya

Tanaman membutuhkan cahaya untuk proses fotosintesis baik cahaya matahari maupun cahaya lampu. Fotosintesis adalah proses sintesis karbohidrat dari bahan anorganik (CO_2 dan H_2O) pada tumbuhan berklorofil. Ketika tanaman terpapar cahaya, maka sebagian cahaya dengan panjang gelombang antara 400 – 700 nm akan diserap oleh molekul – molekul klorofil dan pigmen lainnya sebagai foton, kemudian terjadi proses fotosintesis. Proses fotosintesis terjadi di dalam kloroplas pada saat ada cahaya. Proses ini terdiri dari dua reaksi, yaitu reaksi terang dan reaksi gelap (Wang and Ray, 1984).

2.5.1 Reaksi Terang

Pada reaksi terang, energi cahaya memacu pelepasan elektron dari fotosistem. Ada dua tipe fotosistem, yaitu fotosistem I (PS I) dan fotosistem II (PS II). Fotosistem I (PS I) berisi pusat reaksi P700 yang dapat menyerap foton terbaik pada panjang gelombang 700 nm. Fotosistem II (PS II) berisi pusat reaksi P610 yang dapat menyerap foton terbaik pada panjang gelombang 610 nm.

- **Penyerapan Energi Cahaya**

Proses dimulai Ketika molekul klorofil dalam pusat reaksi PS II menyerap foton, energi yang diserap oleh molekul akan membuat elektron tereksitasi yaitu mencapai ke tingkat energi yang lebih tinggi sehingga keadaan elektron tidak stabil. Penyerapan hanya terjadi ketika selisih kedua tingkat energi elektron ($\Delta E = E_2 - E_1$) sesuai dengan energi foton yang datang ($\Delta E = E_{\text{foton}}$). Energi eksitasi akan dibawa oleh pigmen penerima energi cahaya ke molekul – molekul lain secara acak sampai ke klorofil a. Klorofil a merupakan pusat reaksi bagi fotosistem. Pusat reaksi yang telah teraktivasi ini akan memberikan elektron ke molekul penerima elektron dalam sistem transpor elektron. Berdasarkan hukum Lambert dinyatakan bahwa sinar yang melewati suatu bahan akan berkurang secara eksponensial terhadap panjang lintasan yang mana didefinisikan melalui persamaan berikut (Song Ai, 2012):

$$I = I_0 e^{-\alpha l}$$

Dimana:

I = intensitas setelah melewati baha

I_0 = intensitas mula – mula

α = koefisien serapan

l = panjang lintasan

- **Sistem Transpor Elektron**

Tidak semua elektron yang diterima dari pusat reaksi diberikan kepada sistem transpor elektron, bahkan dalam fotosistem yang membatasi

kecepatan transpor elektron. Adapun laju transpor elektron dapat didefinisikan melalui persamaan berikut (Murakami, *et al.*, 2010):

$$ETR = E \times Y$$

Dimana: ETR = laju transpor elektron

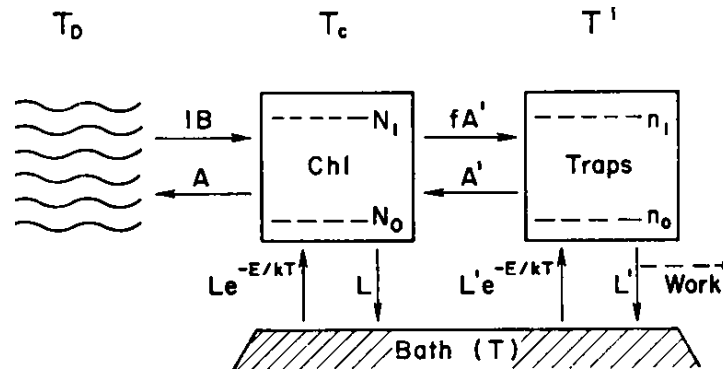
E = energi eksitasi

Y = fluks cahaya yang diserap

Melalui sistem transpor, elektron diberikan ke NADP^+ . Proses ini terjadi ketika fotosistem II menyerap cukup energi foton untuk melepaskan elektron. Pada saat masuknya energi ke dalam fotosistem II memacu terjadinya fotolisis. Fotolisis adalah reaksi pecahnya molekul air menjadi oksigen, ion – ion hidrogen (H^+), dan elektron – elektron. Elektron yang dilepaskan oleh fotosistem II akan digantikan oleh elektron yang dilepaskan oleh air. Sehingga dalam sistem transpor yang kedua, NADP^+ akan menerima 2 elektron dan 1 ion hidrogen membentuk NADPH. Bergeraknya ion hidrogen berperan dalam pembentukan ATP. Sedangkan oksigen dilepaskan ke atmosfer (Campbell, 2010).

- **Fluoresensi**

Fluoresensi adalah proses pemancaran radiasi cahaya oleh suatu materi setelah tereksitasi oleh energi cahaya. Keadaan elektron yang tereksitasi akan kembali stabil dengan melepaskan energi berupa cahaya. Fluoresensi merupakan proses perpindahan tingkat energi dari keadaan elektron tereksitasi menuju ke keadaan stabil (*ground state*). Adapun gambar yang mendefinisikan proses fluoresensi adalah sebagai berikut (Knox, 1969):

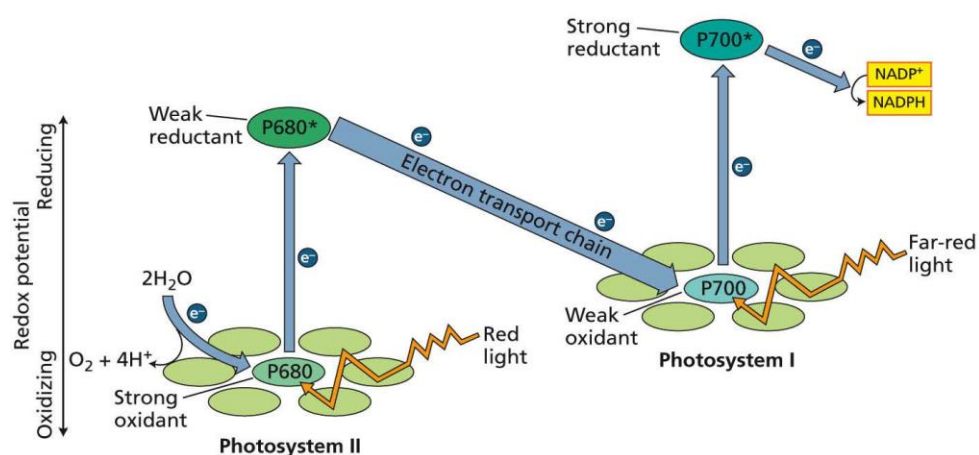


Gambar 2.1 Proses Fluoresensi (Knox, 1969)

Energi yang diserap oleh klorofil akan saling bertukar di antara 4 sistem tersebut yaitu N_1 , N_0 , n_1 , dan n_0 . Besar intensitas radiasi pada energi foton digabungkan ke sistem klorofil yang keadaan stabil (*ground state*) dan keadaan tereksitasi atau N_1 dan N_0 . Adapun A dan B adalah koefisien einstein berupa emisi dan depopulasi yang diinduksi dari keadaan stabil (*ground state*). sistem klorofil keluar menuju lingkungan pada suhu yang setimbang dan melepaskan energi dengan konstanta laju L dan kembali dengan konstanta laju $Le^{-E/kT}$ dimana k adalah konstanta Boltzmann. Kemudian yang terakhir, sistem klorofil yang tereksitasi melakukan pertukaran energi pada tingkat CN_1n_0 dan CN_0n_1 dalam sistem perangkat. Adapun besarnya fluoresensi dapat didefinisikan melalui persamaan berikut (Knox, 1969):

$$F = \frac{AN_1}{(A+L)N_1 + fAN_1 - A'N_1}$$

Beberapa kondisi fisis yang mempengaruhi fluoresensi pada molekul antara lain suhu, pH, polaritas, ion – ion, potensial listrik, tekanan, jenis ikatan hidrogen, viskositas dan *quencher* (penghambat de – eksitasi).



Gambar 2.2 Proses Reaksi Terang (Bush, 2005).

2.5.2 Reaksi Gelap

Reaksi ini disebut reaksi gelap karena dapat terjadi tanpa adanya cahaya. Reaksi ini berlangsung di stroma. ATP dan NADPH yang dihasilkan dari reaksi terang fotosintesis memicu berbagai proses biokimia. Pada tumbuhan proses biokimia yang terpicu adalah siklus calvin (siklus C3) yang mengikat karbondioksida untuk membentuk ribulosa dan kemudian menjadi glukosa. Siklus calvin merupakan dasar utama bagi lintasan reduksi karbon pada semua organisme eukariotik yang berfotosintesis. Dalam siklus calvin terdapat 3 tahapan reaksi yang penting, yaitu karboksilasi, reduksi, dan regenerasi. Karboksilasi adalah proses pengikatan gas karbondioksida dari udara dan air secara enzimatik oleh akseptor berkarbon 5 yaitu RuBP. Enzim yang berperan dalam fiksasi karbondioksida ini adalah RuBP carboxylase-oxygenase (rubisco). Proses yang kedua dari siklus calvin adalah reduksi, yaitu proses reduksi senyawa PGA menjadi karbohidrat menggunakan ATP dan NADPH. Proses yang ketiga adalah regenerasi, yaitu proses pembentukan kembali senyawa penerima CO₂ yaitu RuBP dari senyawa gliseraldehid-3-fosfat (Advinda, 2010).

Karboksilasi RuBP atau regenerasi RuBP dapat membatasi laju fotosintesis yang mana tergantung pada konsentrasi CO₂. ketika konsentrasi CO₂ rendah, RuBP jenuh, maka karboksilasi RuBP yang akan membatasi laju fotosintesis. Laju fotosintesis dinyatakan sebagai fungsi konsentrasi CO₂ antar sel (C_i) (Hikosaka, *et al.*, 2006):

$$P_C = \frac{V_{cmax}(C_i - \Gamma^*)}{C_i + K_c(1 + \frac{O}{K_o})}$$

Di mana V_{cmax} adalah kecepatan maksimum karboksilasi RuBP, K_c dan K_o adalah konstanta michaelis – menten rubisco untuk CO₂ dan O₂, O adalah konsentrasi O₂, Γ* adalah titik kompensasi CO₂ tanpa adanya cahaya. Apabila konsentrasi CO₂ tinggi dengan RuBP tidak jenuh, maka regenerasi RuBP yang akan membatasi laju fotosintesis. Dengan kondisi cahaya jenuh P_r dinyatakan sebagai berikut (Hikosaka, *et al.*, 2006):

$$P_r = \frac{J_{max}(C_i - \Gamma^*)}{4C_i + 10\Gamma^*}$$

Di mana J_{max} adalah kecepatan maksimum regenerasi RuBP, C_i adalah konsentrasi CO₂ antar sel.

2.6 Sistem Indoor

Sistem budidaya indoor adalah teknik budidaya yang dilakukan dalam suatu ruangan dengan kondisi lingkungan yang terkendali. Sistem ini memiliki suhu ruangan yang tidak panas seperti pada ruangan terbuka dan dapat meminimalisir gangguan hama. Tanaman pada sistem ini tidak optimal dalam pencahayaan sinar matahari untuk fotosintesis, sehingga diperlukan penambahan penerangan cahaya. Cahaya buatan yang diberikan terhadap tanaman harus memiliki kualitas yang tepat agar tanaman dapat optimal dalam melakukan proses fotosintesis (Wijaya, *et al.*, 2019).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimental yang bertujuan untuk memperoleh data pengamatan tentang pengaruh warna dan lama paparan cahaya LED (*Light Emitting Diode*) terhadap pertumbuhan tanaman tomat (*Solanum Lycopersicum L*). Penelitian dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama, perlakuan lama pemaparan cahaya LED terdiri dari 5 taraf perlakuan yaitu, 10 jam, 12 jam, 14 jam, 16 jam dan 18 jam. faktor kedua terdiri dari 2 taraf perlakuan yaitu, warna cahaya LED merah dan cahaya LED biru. Pengamatan dilakukan setiap seminggu sekali. Variabel yang diukur pada penelitian ini yaitu tinggi tanaman, jumlah daun, dan kadar klorofil.

3.2 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

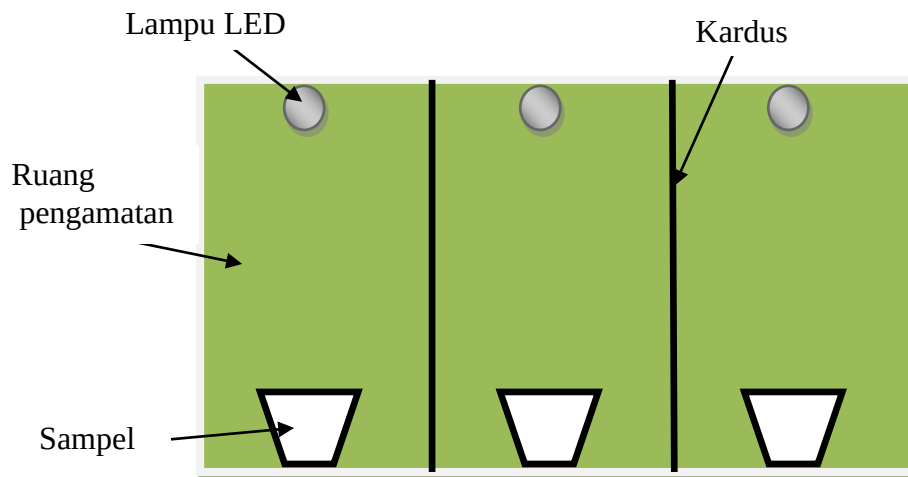
Penelitian ini akan dilakukan mulai bulan Januari 2021 sampai maret 2021 yang dilakukan di Laboratorium Biofisika jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu lux meter, timer, penggaris, spektrofotometri UV Vis, tabung reaksi, rak tabung reaksi, gelas corong, gelas ukur, neraca analitik, beaker glass 50 ml dan 100 ml, mortar dan pestle. Adapun bahan yang dibutuhkan diantaranya : alumunium foil, alkohol 70%, kertas saring, Benih tomat, pupuk NPK, kabel penghubung, fitting lampu, plastik polybag

ukuran 30 x 30 cm, plastik klip, kardus, gunting, kayu, botol aqua besar, stopkontak, tempat persemaian, media tanam tanah, air, lampu LED warna merah dan biru masing – masing 3 watt.

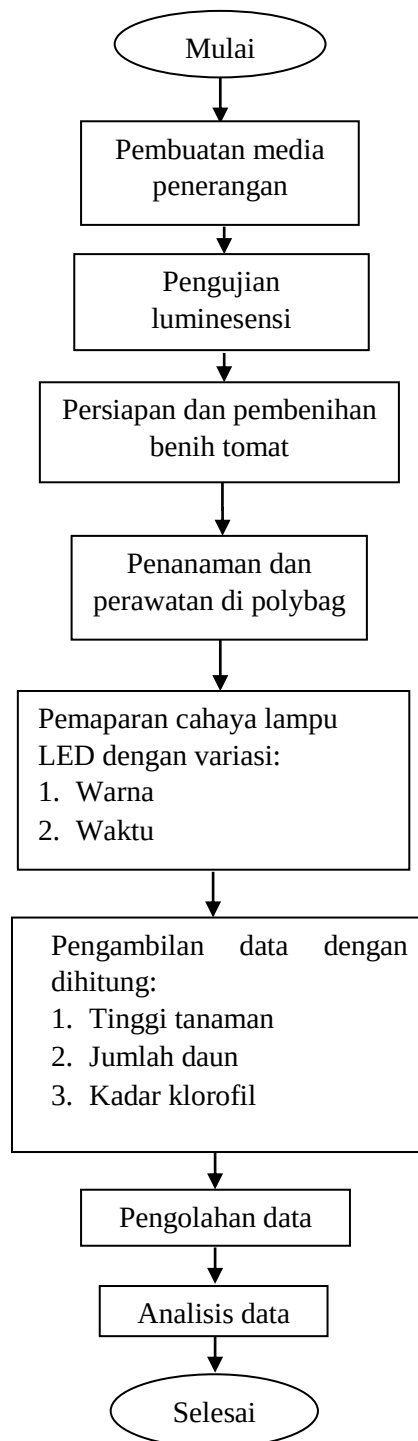
3.4 Desain Rangkaian



Gambar 3.1 Desain Rangkaian Perlakuan Tanaman Tomat

Lampu LED yang telah dirangkai digantung di atas tanaman yang akan diberi perlakuan lampu LED. masing – masing perlakuan dibuat berjajar dan diberi sekat berupa kardus, kemudian diatur jarak lampu LED yang akan digunakan sesuai intensitas cahaya yang dibutuhkan. Lalu diukur intensitas cahaya menggunakan lux meter. Tanaman yang diberi perlakuan lampu LED tidak terpapar oleh cahaya matahari sedikitpun, Sedangkan tanaman dengan perlakuan kontrol diletakkan di luar ruangan tanpa diberi lampu LED (hanya terpapar sinar matahari).

3.5 Tahap dan Alur Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.6 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian pada penelitian ini dibedakan menjadi beberapa tahap diantaranya:

3.6.1 Pembuatan Media Penerangan

Prosedur penelitian untuk pembuatan media penerangan adalah sebagai berikut:

1. Dipasang lampu pada fittingnya, kemudian kabel dihubungkan.
2. Lampu LED dengan daya 3 watt digantungkan dengan jarak mulai kisaran 22cm – 28 cm di atas permukaan media tanam.

3.6.2 Pengujian Luminesensi

Prosedur penelitian untuk pengujian luminesensi pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lampu LED dipasang dengan cara digantungkan.
2. Diletakkan alat ukur lux meter tepat di bawah lampu yang telah terhubung dengan aliran listrik.
3. Dinyalakan lampu kemudian diatur jarak lampu untuk menyesuaikan intensitas cahaya yang dibutuhkan.
4. Diamati nilai intensitas cahaya pada alat ukur lux meter.

3.6.3 Prosedur Penanaman

Prosedur penelitian untuk penanaman tanaman tomat (*Solanum Lycopersicum* L.) adalah sebagai berikut:

1. Persiapan dan Pembenihan Biji Tomat Didalam Tanah.

- a. Disiapkan benih tomat, direndam pada air hangat di dalam wadah selama 2 jam.
 - b. Tanah dimasukkan ke dalam plastik berukuran 6 x 8 cm.
 - c. Disortir benih yang telah direndam, kemudian dimasukkan ke dalam plastik yang telah diisi tanah dengan kedalaman 1 cm sebanyak 1 biji.
 - d. Lalu bagian atas benih ditutup dengan tanah.
 - e. Pada hari ke-3 Tanaman dijemur setiap hari jam 7 – 11 pagi agar tidak mengalami etiolasi yang berlebihan.
 - f. Tanaman disiram setiap hari dua kali pada pagi dan sore hari.
2. Penanaman dan Perawatan Bibit Tomat dalam Polybag.
 - a. Polybag berukuran 30 x 30 cm diisi tanah dengan ukuran yang sama.
 - b. Bibit tomat (usia 14 hari) dipindah pada polybag yang telah disiapkan.
 - c. Tanaman mulai diberi pupuk NPK saat berumur 20 HST, 30 HST, dan 40 HST, dihitung sejak pemindahan bibit ke polybag besar.
 - d. Tanaman disiram secara rutin sehari satu kali pada pagi hari.

3.6.4 Pemaparan Lampu LED

Adapun prosedur penelitian untuk pemaparan lampu LED terhadap tanaman tomat adalah sebagai berikut:

1. Diletakkan media tanam di bawah media penerangan lampu LED.
2. Tanaman diberikan penerangan lampu LED warna merah dan biru dengan variasi waktu masing – masing 10 jam, 12 jam, 14 jam, 16 jam dan 18 jam (mulai pukul 07.00 pagi).
3. Intensitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah 200 lux.

3.7 Teknik Pengambilan Data

Adapun teknik pengambilan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tinggi Tanaman

Data yang diperoleh berupa hasil pengukuran tinggi tanaman tomat yang diukur menggunakan penggaris setiap satu minggu sekali. Pengukuran dilakukan sejak awal penanaman bibit tomat. Hasil pengukuran tinggi tanaman disajikan dalam tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Pengukuran Tinggi Tanaman

Waktu (jam)	Perhitungan Tinggi Tanaman (cm)		
	Lampu merah	Lampu biru	Kontrol
10			
12			
14			
16			
18			
Kontrol			

2. Jumlah Daun

Data yang diperoleh berupa hasil perhitungan jumlah daun yang dihitung setiap satu minggu sekali. Perhitungan dilakukan pada daun yang telah membuka sempurna sejak awal penanaman bibit tomat. Hasil perhitungan disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 3.2 Perhitungan Jumlah Daun

Waktu (jam)	Perhitungan Jumlah Daun		
	Lampu merah	Lampu biru	Kontrol
10			
12			

14			
16			
18			
Kontrol			

3. Kadar Klorofil

Data diperoleh dengan mencari nilai absorbansinya menggunakan alat spektrofotometri UV Vis. Panjang gelombang yang digunakan pada pengukuran ini yaitu 645 nm dan 663 nm. Nilai absorbansi yang diperoleh dihitung menggunakan rumus:

Klorofil a (mg/l): $12.7 D_{663} - 2.69 D_{645}$

Klorofil b (mg/l): $22.9 D_{645} - 4.68 D_{663}$

Hasil perhitungan disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 3.3 Kadar Klorofil

Waktu (jam)	Kadar Klorofil	
	a (mg/)	b (mg/l)
10		
12		
14		
16		
18		

3.8 Teknik Analisis Data

Data hasil pengamatan pengaruh lampu LED dengan variasi warna dan lama paparan terhadap tinggi tanaman, jumlah daun dan kadar klorofil dianalisis secara statistik dan deskriptif. Data yang diperoleh dari hasil penelitian dianalisis secara statistik dengan menggunakan uji analisis varian dengan dua faktor (Two Way Anova). Jika hasilnya menunjukkan pengaruh yang nyata maka dapat

dilanjutkan dengan menggunakan uji Duncan taraf 5%. Sedangkan data kadar klorofil yang diperoleh dideskripsikan dalam bentuk tabel. Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan *Software Statistical Package For The Social Science* (SPSS). Kemudian data hasil pengamatan dibentuk grafik pengaruh lama paparan cahaya LED warna merah dan biru dengan menggunakan Microsoft Excel.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama paparan cahaya LED merah dan biru terhadap pertumbuhan dan kadar klorofil tanaman tomat (*Solanum lycopersicum l.*). Penelitian ini dilakukan dengan menambahkan lampu LED sebagai paparan pada tanaman tomat yang berumur 14 hari setelah semai. Perlakuan dimulai pada jam 07.00 pagi dengan variasi lama paparan 10 jam, 12 jam, 14 jam, 16 jam, 18 jam, dan variasi warna lampu LED biru dan merah. Adapun intensitas yang digunakan yakni 200 lux. Selain itu, penelitian ini dilakukan pada ruang tertutup tanpa cahaya matahari kecuali perlakuan kontrol (tanpa paparan cahaya LED). Setiap unit percobaan diulang sebanyak 4 kali. Variabel yang diukur dalam penelitian ini yaitu tinggi tanaman (cm), jumlah daun (helai), dan kadar klorofil (mg/l). Berdasarkan pengamatan, pengaruh lama paparan cahaya LED merah dan biru terhadap pertumbuhan tanaman tomat akan ditunjukkan dalam bentuk tabel dan dibuat dalam bentuk grafik seperti berikut.

4.1 Data Hasil Penelitian

4.1.1 Pengaruh Warna Lampu LED Biru dan Merah Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum l.*)

1. Tinggi Tanaman

Pengambilan data tinggi tanaman tomat dilakukan setiap tujuh hari satu kali selama 6 minggu setelah tanaman berumur 14 hari (hari setelah semai) dengan menggunakan penggaris untuk mengukur tinggi tanaman. Berdasarkan pengamatan dan perhitungan rata – rata tinggi tanaman (cm) pada tanaman tomat (*Solanum lycopersicum l.*) diperoleh data dalam bentuk tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Hasil Tinggi Tanaman Tomat

Warna Lampu	Rata – rata Tinggi Tanaman pada Lama Paparan (Jam)					Total Rata – Rata Tinggi Tanaman
	10 (jam)	12 (jam)	14 (jam)	16 (jam)	18 (jam)	
Biru	11	12,5	12,775	13,65	12,725	12,53 a
Merah	14,75	16,9	18,825	18,375	15,35	16,84 b
Kontrol	18,3					18,3 b

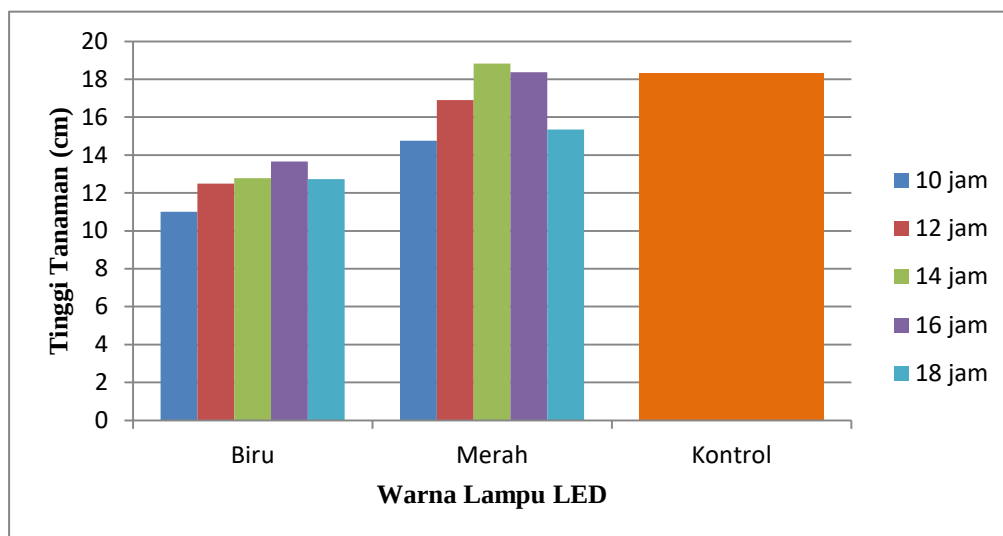
Keterangan: Penyebutan huruf (a, b) menunjukkan notasi perbedaan nilai berdasarkan uji Duncan 5% dan angka – angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom total rata – rata tinggi tanaman menunjukkan tidak berbeda nyata.

Berdasarkan hasil pengamatan diatas menunjukkan bahwa terdapat perbedaan tinggi tanaman antara sampel sebagai kontrol dan tanaman yang diberi perlakuan warna lampu LED dengan signifikansi $\leq 0,05$. Pada tanaman kontrol rata – rata tinggi tanaman yaitu 18,3 cm, sedangkan pada sampel yang diberi perlakuan warna lampu LED biru rata – rata tinggi tanaman mencapai 12,53 cm. Adapun sampel yang diberi perlakuan warna lampu LED merah rata – rata tinggi tanaman lebih besar dibandingkan sampel yang diberi perlakuan warna lampu biru yaitu 16,84 cm.

Berdasarkan uji statistik two way anova menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh interaksi antar faktor yang nyata terhadap tinggi tanaman, sedangkan pengaruh masing – masing faktor menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata, sehingga dilakukan uji lanjut Duncan 5% pada pengaruh masing – masing faktor (Wardiana, 2015). Berdasarkan hasil uji Duncan 5% dapat diketahui pada tabel 4.1 bahwa perlakuan warna lampu LED berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman. Dimana rata – rata tinggi tanaman pada

perlakuan warna lampu LED biru menunjukkan notasi yang berbeda dengan perlakuan warna lampu LED merah (pada tabel hasil uji Duncan 5% perlakuan warna lampu LED biru terletak di kolom tabel yang berbeda dengan perlakuan warna lampu LED merah). Sedangkan perlakuan warna lampu LED merah menunjukkan notasi yang sama dengan perlakuan kontrol yang artinya kedua perlakuan tersebut tidak berbeda nyata (karena pada tabel hasil uji Duncan 5% perlakuan warna lampu LED merah dan perlakuan kontrol terletak di kolom tabel yang sama).

Berdasarkan data hasil pada tabel 4.1 dapat dibuat grafik pengaruh warna lampu LED terhadap tinggi tanaman tomat (*Solanum lycopersicum l.*) seperti pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Grafik pengaruh warna lampu LED biru dan merah terhadap tinggi tanaman (cm)

Pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa perlakuan warna lampu LED berpengaruh terhadap tinggi tanaman. Dimana sampel yang diberi perlakuan warna lampu LED merah menghasilkan rata – rata tinggi tanaman lebih banyak daripada sampel kontrol. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.1 bahwa sampel

dengan paparan warna lampu merah dengan lama paparan 14 jam menghasilkan rata – rata tinggi tanaman paling besar dibandingkan dengan sampel kontrol dan sampel perlakuan warna lampu lainnya yaitu 18,825 cm. sedangkan rata – rata tinggi tanaman terkecil diperoleh pada perlakuan warna lampu biru dengan lama paparan 10 jam.

2. Jumlah Daun

Pengambilan data jumlah daun tomat dilakukan setiap tujuh hari satu kali selama 6 minggu dengan menghitung daun yang telah terbentuk sempurna. Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan rata – rata jumlah daun pada tanaman tomat (*Solanum lycopersicum l.*) diperoleh data dalam bentuk tabel 4.2.

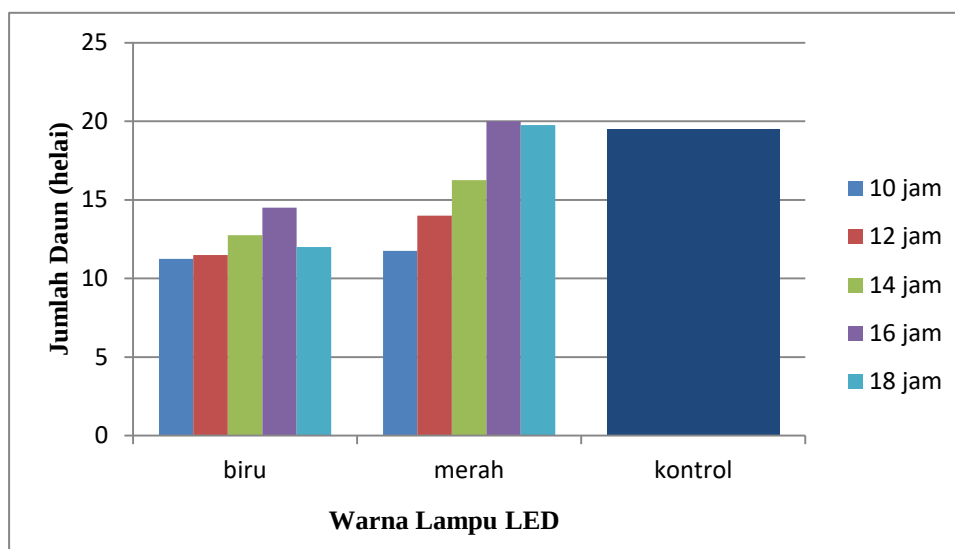
Tabel 4.2 Data Hasil Jumlah Daun Tanaman Tomat

Warna Lampu	Rata – rata Jumlah Daun pada Lama Paparan (Jam)					Total Rata – Rata Jumlah Daun
	10 (jam)	12 (jam)	14 (jam)	16 (jam)	18 (jam)	
Biru	11,25	11,5	12,75	14,5	12	12,4
Merah	11,75	14	16,25	20	19,75	16,35
Kontrol	19,5					19,5

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara sampel sebagai kontrol dan sampel yang diberi perlakuan warna lampu LED dengan signifikansi $\leq 0,05$. Pada sampel kontrol rata – rata jumlah daun mencapai 19,5, sedangkan pada sampel yang diberi perlakuan warna lampu LED biru rata – rata jumlah daun mencapai 12,4. Adapun sampel yang diberi perlakuan warna lampu LED merah memiliki rata – rata jumlah daun lebih besar jika dibandingkan dengan sampel yang diberi perlakuan warna lampu LED biru yaitu 16,35.

Berdasarkan uji statistik two way anova dapat diketahui bahwa pengaruh interaksi antar perlakuan warna lampu dengan lama paparan yakni signifikan, sehingga tidak diperlukan uji lanjut untuk pengaruh masing – masing perlakuan, karena pengaruh interaksi yang signifikan menunjukkan bahwa pengaruh masing – masing perlakuan saling bergantung satu sama lain (Wardiana, 2015).

Berdasarkan data pada tabel 4.2 dapat dibuat grafik pengaruh warna lampu LED terhadap jumlah daun tanaman tomat (*Solanum lycopersicum l.*) seperti pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Grafik pengaruh warna lampu LED biru dan merah terhadap jumlah daun (helai)

Berdasarkan gambar 4.2 dapat diketahui bahwa paparan warna lampu LED berpengaruh terhadap banyaknya jumlah daun. Dimana diketahui bahwa perlakuan warna lampu LED merah menghasilkan jumlah daun terbanyak dibandingkan perlakuan kontrol dan perlakuan warna lampu LED biru. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.2 rata – rata jumlah daun terbanyak diperoleh pada tanaman yang diberi perlakuan warna lampu LED merah dengan lama paparan

16 jam yaitu 20 helai. Sedangkan sampel kontrol diperoleh rata – rata jumlah daun sebanyak 19,5 helai. Kemudian sampel yang menghasilkan rata – rata jumlah daun paling sedikit diperoleh pada sampel dengan perlakuan warna lampu LED biru dengan lama paparan 10 jam yaitu 11,25 helai.

3. Kadar Klorofil

Pengambilan data kadar klorofil menggunakan alat spektrofotometer dengan mencari nilai absorbansinya (OD). Adapun daun yang digunakan yaitu daun ke 3 pada tiap tanaman yang diekstrak dengan menggunakan pelarut berupa alkohol 70% yang biasa digunakan sebagai senyawa antiseptik dan juga pelarut kimia. Semua proses untuk membuat ekstrak klorofil dilakukan dalam kondisi terhindar dari cahaya matahari. Ekstrak klorofil yang dihasilkan dari penyaringan dituang ke dalam cuvet sampai garis tanda batas (Prastyo, 2015). Panjang gelombang yang digunakan untuk pengukuran yaitu 645 nm dan 663 nm. Berikut data nilai absorbansi yang diperoleh pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Hasil Nilai Absorbansi

Warna lampu	Waktu (jam)	Rata – rata Nilai OD	
		645 nm	663 nm
Biru	10	0,043	0,083
	12	0,0335	0,05725
	14	0,0375	0,06225
	16	0,046	0,062
	18	0,039	0,04875
Merah	10	0,0315	0,045
	12	0,03425	0,0465
	14	0,0385	0,04725
	16	0,0725	0,0958
	18	0,103	0,116
Kontrol		0,04175	0,05625

Data yang diperoleh pada tabel 4.3 dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Klorofil a (mg/l): } 12,7 \text{ D-663} - 2,69 \text{ D-645} \quad (4.1)$$

$$\text{Klorofil b (mg/l): } 22,9 \text{ D-645} - 4,68 \text{ D-663} \quad (4.2)$$

Hasil perhitungan dari nilai klorofil a dan b daun tanaman tomat disajikan dalam bentuk tabel 4.4

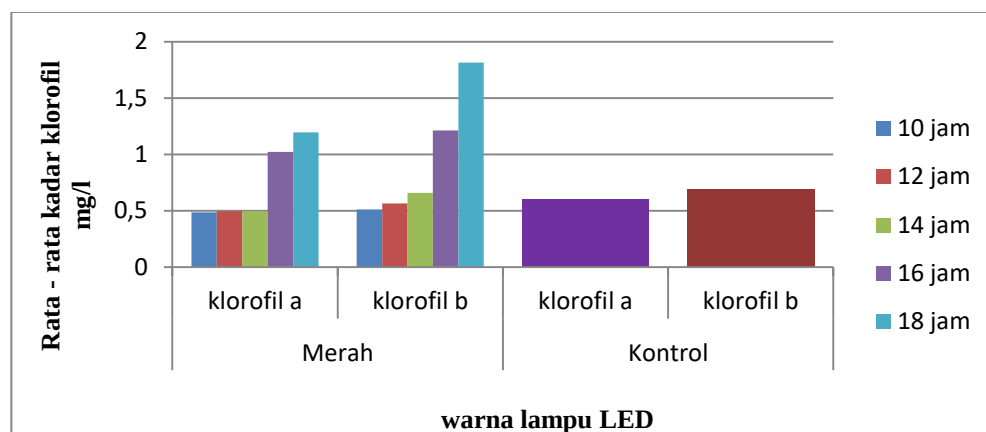
Tabel 4.4 Data Hasil Perhitungan Kadar Klorofil a dan b Daun Tomat

Warna	Waktu (jam)	Rata – rata Kadar Klorofil	
		Klorofil a (mg/l)	Klorofil b (mg/l)
Biru	10	0,938	0,596
	12	0,636	0,499
	14	0,689	0,567
	16	0,663	0,763
	18	0,514	0,664
Total		0,688	0,617
Merah	10	0,486	0,510
	12	0,498	0,566
	14	0,496	0,660
	16	1,021	1,211
	18	1,196	1,815
Total		0,74	0,952
Kontrol		0,602	0,692

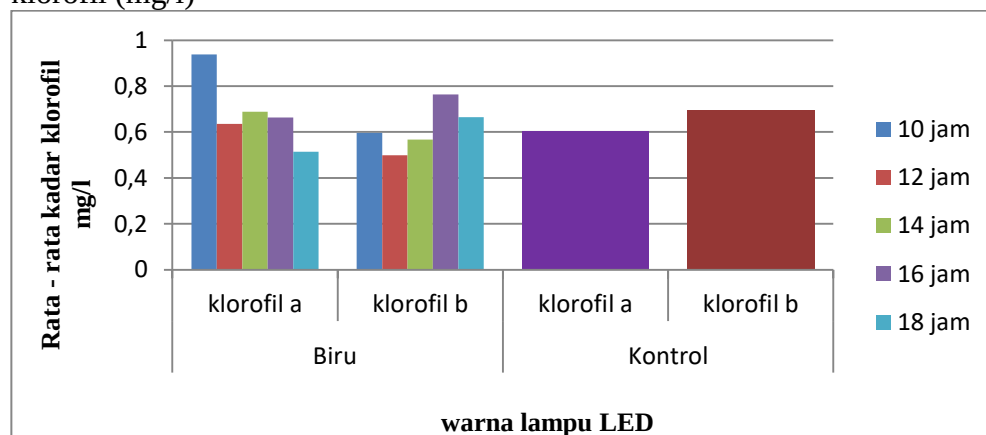
Berdasarkan hasil pengamatan diatas menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kadar klorofil antara sampel kontrol dengan sampel yang diberi perlakuan warna lampu LED. Pada sampel kontrol rata – rata kadar klorofil a 0,602 mg/l dan klorofil b 0,692 mg/l, sedangkan pada sampel yang diberi perlakuan warna lampu LED biru rata – rata kadar klorofil a 0,688 mg/l dan klorofil b 0,617 mg/l, Akan tetapi kadar klorofil terbesar terdapat pada sampel yang diberi perlakuan warna lampu LED merah dibandingkan sampel kontrol

dan sampel yang diberi perlakuan warna lampu LED biru yaitu klorofil a 0,74 mg/l dan klorofil b 0,952 mg/l.

Berdasarkan data hasil pada tabel 4.4 dapat dibuat grafik pengaruh warna lampu LED terhadap kadar klorofil daun tanaman tomat (*Solanum lycopersicum l.*) seperti pada gambar berikut:



Gambar 4.3(a) Grafik pengaruh warna lampu LED merah terhadap kadar klorofil (mg/l)



Gambar 4.3(b) Grafik pengaruh warna lampu LED biru terhadap kadar klorofil (mg/l)

Pada gambar 4.3(a) dan 4.3(b) diatas dapat diketahui bahwa paparan warna lampu LED berpengaruh terhadap kadar klorofil daun tomat. Paparan warna lampu LED merah menghasilkan rata – rata kadar klorofil tertinggi dibandingkan dengan paparan warna lampu LED biru dan perlakuan kontrol. Dimana rata – rata kadar klorofil a dan b pada paparan warna lampu LED merah dengan lama

paparan 18 jam sebesar 1,196 mg/l dan 1,815 mg/l. Sedangkan pada sampel kontrol rata – rata kadar klorofil a dan b sebesar 0,602 mg/l dan 0,692 mg/l. Adapun kandungan klorofil a terendah terdapat pada paparan warna lampu LED merah dengan lama paparan 10 jam sebesar 0,486 mg/l, sedangkan kandungan klorofil b paling rendah terdapat pada perlakuan warna lampu LED biru dengan lama paparan 12 jam sebesar 0,499 mg/l.

4.1.2 Pengaruh Lama Paparan Lampu LED Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum l.*)

1. Tinggi Tanaman

Berdasarkan hasil pengamatan, pengaruh lama paparan terhadap tinggi tanaman tomat (*Solanum lycopersicum l.*) dipaparkan dalam bentuk tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.5 Data Hasil Tinggi Tanaman Tomat

Waktu (jam)	Perhitungan Rata – rata Tinggi Tanaman (cm)		
	Lampu merah	Lampu biru	Total
10	14,75	11	12,875 a
12	16,9	12,5	14,7 ab
14	18,825	12,775	15,8 b
16	18,375	13,65	16,01 b
18	15,35	12,725	14,037 ab
Kontrol	18,3		18,3 c

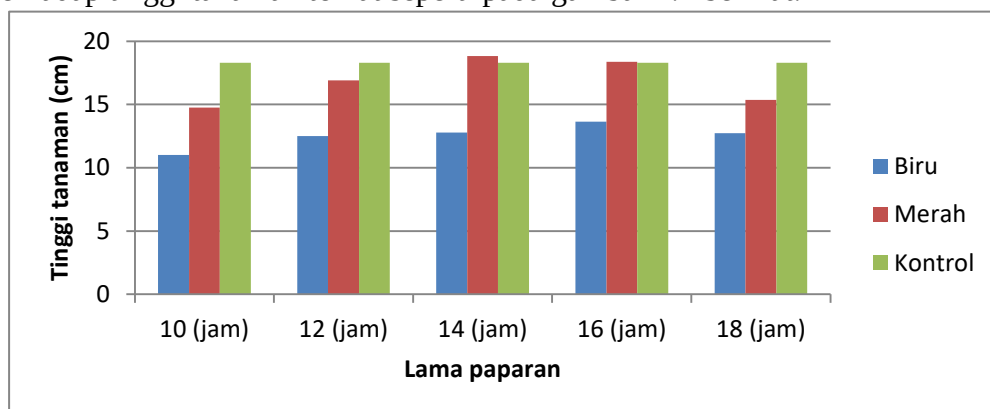
Keterangan: Penyebutan huruf (a, b, c) menunjukkan notasi perbedaan nilai berdasarkan uji Duncan 5% dan angka – angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom total rata – rata tinggi tanaman menunjukkan tidak berbeda nyata

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara sampel sebagai kontrol dengan sampel yang diberi perlakuan lama paparan dengan signifikansi $\leq 0,05$. Hasil dari pengamatan dan perhitungan rata – rata

tinggi tanaman diperoleh rata – rata pada sampel kontrol sebanyak 18,3 cm, pada sampel yang diberi perlakuan lama paparan 10 jam rata – rata tinggi tanaman sebanyak 12,875 cm. kemudian pada sampel 12 jam diperoleh nilai rata – rata sebanyak 14,7 cm, sedangkan pada sampel 14 jam diperoleh nilai rata – rata sebanyak 15,8 cm. Kemudian pada sampel 16 jam diperoleh nilai rata – rata yang semakin tinggi dibandingkan dengan nilai rata – rata perlakuan sebelumnya yaitu 16,01 cm. Namun pada sampel terakhir yakni 18 jam rata – rata tinggi tanaman semakin menurun yaitu 14,037 cm.

Berdasarkan uji statistik two way anova dapat diketahui bahwa tidak terdapat pengaruh interaksi yang nyata antar faktor terhadap tinggi tanaman, sedangkan pengaruh masing – masing faktor berbeda nyata terhadap tinggi tanaman sehingga dilakukan uji lanjut Duncan 5% pada pengaruh masing – masing faktor (Wardiana, 2015). Pada hasil uji Duncan 5% diatas menunjukkan bahwa semua perlakuan lama paparan berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman. Namun terdapat beberapa perlakuan dengan notasi yang sama yaitu perlakuan 12 jam sama dengan 18 jam, dan perlakuan 14 jam sama dengan 16 jam yang artinya keduanya menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang nyata (karena pada tabel hasil uji Duncan 5% terletak di kolom tabel yang sama). Sedangkan pada perlakuan 10 jam nilai rata – rata tinggi tanaman berbeda sangat nyata terhadap perlakuan kontrol (pada tabel hasil uji Duncan 5% terletak di kolom tabel yang jauh dari perlakuan kontrol).

Data pada tabel 4.5 dapat diplot dalam grafik pengaruh lama paparan terhadap tinggi tanaman tomat seperti pada gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Grafik pengaruh lama paparan lampu LED terhadap tinggi tanaman (cm)

Dapat dilihat pada gambar 4.4 bahwa perlakuan lama paparan lampu LED berpengaruh terhadap tinggi tanaman dibandingkan dengan sampel kontrol. Dimana perlakuan lama paparan lampu LED menghasilkan pertumbuhan tinggi tanaman paling besar pada lama paparan 14 jam dengan lampu merah yaitu 18,825 cm. Sedangkan rata – rata tinggi tanaman pada sampel kontrol sebesar 18,3 cm. Ketika sampel diberi perlakuan lama paparan 10 jam, 12 jam, dan 14 jam pada warna lampu merah diperoleh rata – rata tinggi tanaman yang semakin meningkat yaitu, 14,75 cm, 16,9 cm, dan 18,825 cm, namun pada lama paparan 16 jam dan 18 jam semakin menurun. Sedangkan rata – rata tinggi tanaman paling rendah diperoleh pada lama paparan 10 jam dengan warna lampu biru yaitu 11 cm. Pada sampel yang diberi perlakuan lama paparan 10 jam, 12 jam, 14 jam dan 16 jam pada warna lampu LED biru mengalami peningkatan rata – rata tinggi tanaman yaitu 11 cm, 12,5 cm, 12,775 cm, dan 13,65 cm, namun pada lama paparan 18 jam mengalami penurunan yaitu 12,725 cm.

Dapat dianalisis bahwa dari 5 taraf perlakuan lama paparan lampu LED yang paling efektif untuk pertumbuhan tinggi tanaman adalah lama paparan 14 jam pada lampu merah. Sedangkan pada perlakuan lama paparan 10 jam dan 12 jam juga dapat dipengaruhi oleh lampu LED merah namun tidak sebesar pengaruh pada lama paparan 14 jam. Sedangkan perlakuan lama paparan 18 jam juga berpengaruh terhadap tinggi tanaman namun pertumbuhannya lebih lambat atau kurang optimal dibandingkan perlakuan lama paparan 12 jam dan 14 jam.

2. Jumlah Daun

Berdasarkan pengamatan dan perhitungan rata – rata jumlah daun tanaman tomat (*Solanum lycopersicum l.*) diperoleh hasil yang dipaparkan dalam bentuk tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Data Hasil Jumlah Daun

Waktu (jam)	Perhitungan Rata – rata Jumlah Daun		
	Lampu merah	Lampu biru	Total
10	11,75	11,25	11,5
12	14	11,5	12,75
14	16,25	12,75	14,5
16	20	14,5	17,25
18	19,75	12	15,875
Kontrol	19,5		19,5

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan antara sampel sebagai kontrol dengan sampel yang diberi perlakuan lama paparan dengan signifikansi $\leq 0,05$. Hasil dari pengamatan dan perhitungan diperoleh nilai rata – rata jumlah daun pada sampel kontrol sebesar 19,5 helai. Pada sampel yang diberi perlakuan lama paparan 10 jam diperoleh rata – rata jumlah daun sebesar 11,5 helai. Kemudian pada sampel 12 jam diperoleh nilai rata –

rata sebesar 12,75 helai, sedangkan pada sampel 14 jam diperoleh nilai rata – rata sebesar 14,5 helai. Kemudian pada sampel 16 jam diperoleh nilai rata – rata yang semakin meningkat yaitu 17,25 helai. Namun pada sampel 18 jam diperoleh nilai rata – rata jumlah daun yang semakin menurun yaitu 15,875 helai.

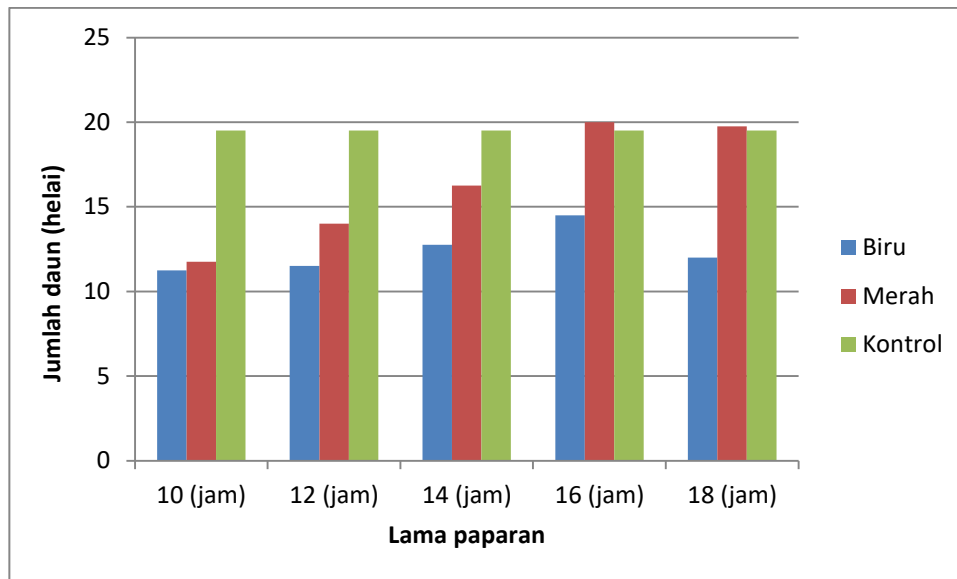
Berdasarkan uji statistik two way anova dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh interaksi yang nyata antar faktor sehingga tidak diperlukan uji lanjut untuk pengaruh masing – masing faktor karena adanya pengaruh interaksi yang nyata menunjukkan bahwa pengaruh dari masing – masing faktor tidak dapat berdiri sendiri atau saling bergantung satu sama lain (Wardiana, 2015).

Tabel 4.7 Rata – rata jumlah daun pada warna lampu dan lama paparan

Warna	lama paparan				
	10	12	14	16	18
Biru	11,25a	11,5a	12,75a	14,5a	12a
	A	A	A	A	A
Merah	11,75a	14b	16,25b	20b	19,75b
	A	B	C	D	D

Dari tabel 4.7 dapat diketahui bahwa rata – rata tertinggi terdapat pada kombinasi perlakuan warna lampu LED merah dengan lama paparan 16 jam dengan rata – rata jumlah daun sebesar 20 helai.

Data pada tabel 4.6 dapat diplot dalam grafik pengaruh lama paparan lampu LED terhadap jumlah daun tanaman tomat (*Solanum lycopersicum l.*) seperti pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik pengaruh lama paparan lampu LED terhadap jumlah daun (helai)

Pada gambar 4.5 dapat diketahui bahwa perlakuan lama paparan lampu LED berpengaruh terhadap banyaknya jumlah daun. Dimana diperoleh hasil jumlah daun terbanyak pada perlakuan lama paparan 16 jam pada lampu merah dibandingkan dengan sampel kontrol dan perlakuan lama paparan lainnya. Hal ini dapat dilihat rata – rata jumlah daun pada perlakuan lama paparan 16 jam pada lampu merah sebesar 20 helai. Sedangkan rata – rata jumlah daun sampel kontrol sebesar 19,5 helai. Ketika sampel diberi perlakuan lama paparan 10 jam, 12 jam, 14 jam dan 16 jam pada lampu merah diperoleh nilai rata – rata jumlah daun yang semakin meningkat yaitu 11,75 helai, 14 helai, 16,25 helai, dan 20 helai, sedangkan pada lama paparan 18 jam mengalami penurunan yaitu 19,75 helai. Adapun nilai rata – rata jumlah daun paling rendah diperoleh pada perlakuan lama paparan 10 jam pada warna lampu biru. Ketika sampel diberi perlakuan lama paparan 10 jam, 12 jam, 14 jam, dan 16 jam diperoleh nilai rata – rata yang semakin meningkat yaitu 11,25 helai, 11,5 helai, 12,75 helai dan

14,5 helai. Sedangkan pada perlakuan lama paparan 18 jam semakin menurun yaitu 12 helai.

Dari grafik 4.5 dapat dianalisis bahwa dari 5 taraf perlakuan lama paparan lampu LED yang paling optimal untuk pertumbuhan banyaknya jumlah daun adalah 16 jam baik pada warna lampu merah maupun biru. Pada taraf perlakuan 10 jam sampai 14 jam juga dapat dipengaruhi oleh lampu LED namun pengaruhnya tidak sebesar pada taraf perlakuan 16 jam. Pada taraf perlakuan 18 jam juga dapat dipengaruhi oleh lampu LED dimana nilai rata – rata jumlah daun mendekati selisih angka yang tidak jauh berbeda dengan nilai rata – rata jumlah daun pada taraf perlakuan 16 jam yaitu 19,75 helai.

3. Kadar Klorofil

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap daun tanaman tomat (*Solanum lycopersicum l.*) diperoleh nilai absorbansi yang dipaparkan dalam bentuk tabel 4.8 berikut:

Tabel 4.8 Data Hasil Nilai Absorbansi

Warna lampu	Waktu (jam)	Rata – rata Nilai OD	
		645 nm	663 nm
Biru	10	0,043	0,083
	12	0,0335	0,05725
	14	0,0375	0,06225
	16	0,046	0,062
	18	0,039	0,04875
Merah	10	0,0315	0,045
	12	0,03425	0,0465
	14	0,0385	0,04725
	16	0,0725	0,0958
	18	0,103	0,116

Kontrol	0,04175	0,05625
---------	---------	---------

Data yang diperoleh pada tabel 4.7 dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Klorofil a (mg/l): } 12,7 \text{ D-663} - 2,69 \text{ D-645} \quad (4.1)$$

$$\text{Klorofil b (mg/l): } 22,9 \text{ D-645} - 4,68 \text{ D-663} \quad (4.2)$$

Hasil perhitungan dari nilai klorofil a dan b disajikan dalam bentuk tabel 4.9

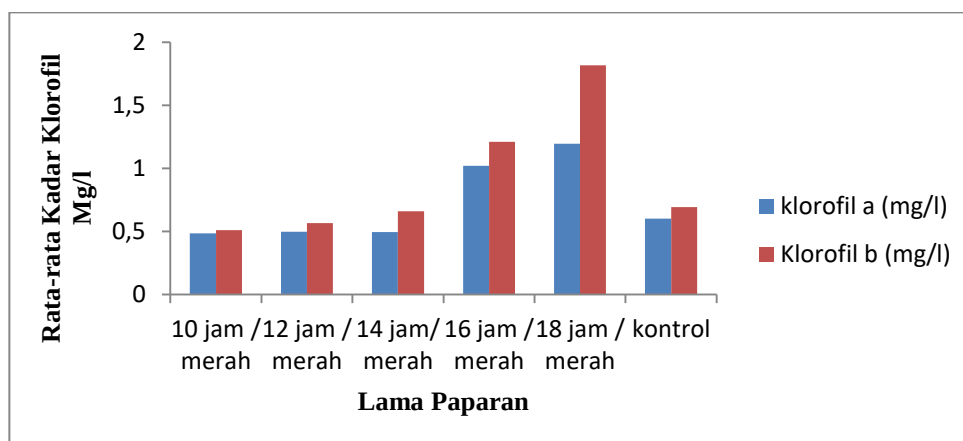
Tabel 4.9 Data Hasil Kadar Klorofil a dan b daun tomat

Warna	Waktu (jam)	Rata – rata Kadar Klorofil	
		Klorofil a (mg/l)	Klorofil b (mg/l)
Biru	10	0,938	0,596
	12	0,636	0,499
	14	0,689	0,567
	16	0,663	0,763
	18	0,514	0,664
Merah	10	0,486	0,510
	12	0,498	0,566
	14	0,496	0,660
	16	1,021	1,211
	18	1,196	1,815
Kontrol		0,602	0,692

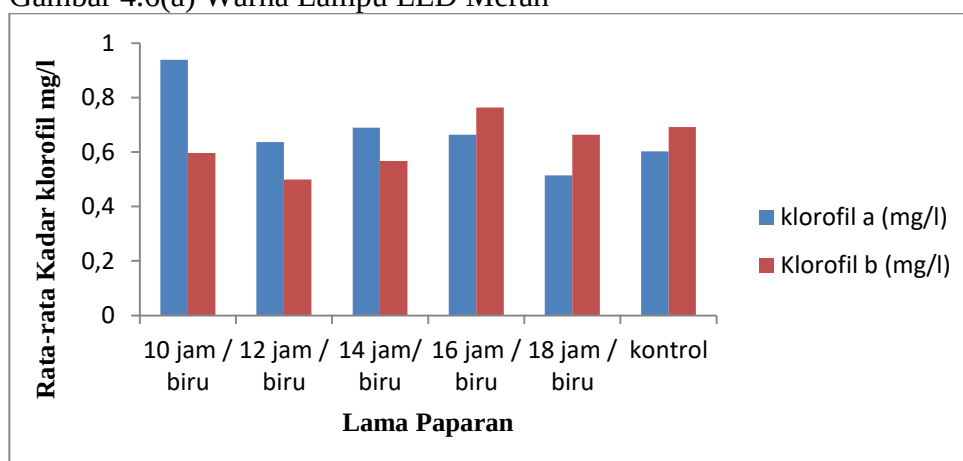
Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan kadar klorofil antara sampel kontrol dengan sampel yang diberi perlakuan lama paparan lampu LED. Pada sampel kontrol nilai rata – rata kadar klorofil a 0,602 mg/l dan klorofil b 0,692 mg/l. kemudian pada sampel yang diberi perlakuan lama paparan 10 jam rata – rata kadar klorofil a 0,486 mg/l dan klorofil b 0,510 mg/l, sedangkan pada sampel lama paparan 12 jam rata – rata nilai kadar klorofil a 0,498 mg/l dan klorofil b 0,566. Adapun sampel lama

paparan 14 jam diperoleh nilai rata – rata kadar klorofil a 0,496 mg/l dan klorofil b 0,660 mg/l. kemudian pada sampel lama paparan 16 jam diperoleh rata – rata kadar klorofil yang semakin meningkat yaitu klorofil a 1,021 mg/l dan klorofil b 1,211 mg/l, dan dengan sampel lama paparan 18 jam rata – rata nilai kadar klorofil semakin besar yaitu klorofil a 1,196 mg/l dan klorofil b 1,815 mg/l.

Data pada tabel 4.9 dapat diplot dalam grafik pengaruh lama paparan lampu LED terhadap kadar klorofil daun tanaman tomat (*Solanum lycopersicum l.*) seperti pada gambar 4.6 berikut:



Gambar 4.6(a) Warna Lampu LED Merah



Gambar 4.6(b) Warna Lampu LED Biru

Pada gambar 4.6(a) menunjukkan bahwa perlakuan lama paparan lampu LED merah berpengaruh terhadap kadar klorofil daun tomat. Kandungan

klorofil a tertinggi diperoleh pada perlakuan lama paparan 18 jam pada lampu merah sebesar 1,196 mg/l. sedangkan kandungan klorofil a terendah diperoleh pada perlakuan lama paparan 10 jam pada lampu merah sebesar 0,486 mg/l. Dapat dilihat kandungan klorofil a perlakuan warna lampu merah pada lama paparan 10 jam dan 12 jam mengalami kenaikan yaitu 0,486 mg/l dan 0,498 mg/l, sedangkan pada lama paparan 14 jam menurun dengan selisih angka yang sedikit yaitu 0,496 mg/l. Namun pada perlakuan lama paparan 16 jam dan 18 jam mengalami kenaikan kembali dengan nilai rata – rata sebesar 1,021 mg/l dan 1,196 mg/l. Sedangkan pada gambar 4.6(b) dapat dilihat bahwa kandungan klorofil a pada perlakuan warna lampu biru menunjukkan semakin banyak lama paparan yang diberikan semakin rendah kandungan klorofil yang dihasilkan. Dimana lama paparan 10 jam menghasilkan rata – rata klorofil a sebesar 0,938 mg/l. kemudian pada lama paparan 12 jam menurun yaitu sebesar 0,636 mg/l, kemudian pada lama paparan 14 jam kembali naik menjadi 0,689 mg/l. Namun pada lama paparan 16 jam dan 18 jam mengalami penurunan yaitu 0,663 mg/l dan 0,514 mg/l. Hal ini juga terjadi pada kandungan klorofil b yang memperoleh rata – rata kadar klorofil cenderung naik turun atau tidak stabil. Hal ini mungkin dikarenakan selama proses ekstraksi klorofil dilakukan ada sampel yang terpapar sinar matahari atau karena suhu ruangan, dimana menurut Jenie, et al., 1997 bahwa cahaya matahari mengandung sinar ultraviolet yang memiliki energi yang besar yang dapat mengakibatkan kerusakan pigmen dan reaksi fitokimia sehingga pigmen menjadi tidak stabil. Sedangkan pada perlakuan warna lampu merah diketahui

semakin banyak lama paparan yang diberikan terhadap tanaman diperoleh kandungan klorofil b yang semakin besar.

4.2 Pembahasan

Berdasarkan analisis grafik dapat diketahui bahwa pengaruh paparan lampu LED terhadap pertumbuhan tanaman tomat (*Solanum lycopersicum l.*) dengan parameter yang diukur meliputi tinggi tanaman (cm), jumlah daun (helai), dan kadar klorofil (mg/l) diperoleh hasil bahwa warna dan lama paparan berpengaruh nyata terhadap proses pertumbuhan dan kadar klorofil tanaman. Pada hasil analisis menggunakan grafik bahwa tanaman tomat yang dipapari dengan lampu LED variasi warna merah, biru dan variasi lama paparan 10 jam, 12 jam, 14 jam, 16 jam, dan 18 jam diperoleh hasil rata – rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang tidak diberi perlakuan atau kontrol. Perlakuan warna lampu yang berbeda memberikan pengaruh terhadap tanaman karena warna cahaya yang digunakan berada pada rentang panjang gelombang yang dibutuhkan untuk aktivitas pertumbuhan tanaman, yaitu cahaya biru (425 – 450 nm) dan cahaya merah (600 – 700 nm). Cahaya yang digunakan oleh tanaman untuk proses fotosintesis ini disebut dengan *Photosynthetically Active Radiation* (PAR) (Campbell, 2002).

Ketika tanaman tomat (*Solanum lycopersicum l.*) terpapar cahaya lampu LED, maka tanaman akan menyerap cahaya tersebut. Ketika elektron berada pada orbital normalnya, molekul pigmen dikatakan berada dalam keadaan dasarnya. Namun ketika terjadi penyerapan foton, energi yang diserap oleh molekul klorofil dalam pusat reaksi PS II akan membuat elektron tereksitasi mencapai tingkat energi yang lebih tinggi sehingga keadaan elektron tidak stabil atau molekul

berada pada kondisi tereksitasi. Energi eksitasi ini yang akan digunakan dalam proses fotosintesis dengan dibawa oleh pigmen penerima energi cahaya (akseptor elektron) ke molekul – molekul lain secara acak sampai ke klorofil a yang merupakan pusat reaksi bagi fotosistem (Song Ai, 2012).

Berdasarkan analisis grafik pengaruh warna lampu LED biru dan merah terhadap tinggi tanaman tomat dapat diketahui bahwa dari kedua perlakuan warna lampu LED yang menghasilkan pertumbuhan tinggi tanaman paling efektif yaitu perlakuan warna lampu merah. Sedangkan perlakuan warna lampu biru juga terdapat pengaruh pada proses pertumbuhan tinggi tanaman namun pengaruhnya tidak sebesar pada sampel yang diberi perlakuan warna merah. Hal ini dikarenakan energi pada spektrum biru tidak hanya diserap oleh klorofil tetapi juga diserap oleh karotenoid, sehingga mempengaruhi proses fotosintesis yang menyebabkan pertumbuhan tinggi tanaman tidak secepat pada tanaman yang diberi perlakuan spektrum merah (Naomi, et al., 2018). Selain itu pada tanaman terdapat fitokrom, yaitu khromoprotein yang mengandung khromofor dan apoprotein. Dapat diketahui bahwa Fitokrom paling kuat menyerap cahaya merah dan merah jauh (Salisbury and Ross, 1995). Ketika fitokrom mengabsorpsi cahaya merah maka fitokrom akan aktif menjadi fitokrom merah panjang (Pr) yang kemudian akan memicu pertumbuhan tanaman (Agnestika, 2017). Tanaman memiliki hormon auksin yang mempengaruhi pemanjangan batang tanaman, namun ketika auksin terkena cahaya maka akan mengalami kerusakan dan penghambatan kerja auksin sehingga pertumbuhan tanaman melambat (tidak mengalami etiolasi) (Asra, et al., 2020).

Berdasarkan analisis grafik pengaruh warna lampu LED biru dan merah terhadap jumlah daun dapat diketahui bahwa dari kedua variasi warna lampu LED yang efektif untuk pertumbuhan jumlah daun adalah warna lampu LED merah. Sedangkan perlakuan warna lampu LED biru juga berpengaruh terhadap banyaknya jumlah daun namun hasil jumlah daun yang diperoleh tidak sebanyak pada perlakuan warna lampu LED merah. Hal ini dikarenakan daun lebih efektif dalam menyerap cahaya lampu LED warna merah (650 – 700 nm) yang mana spektrum merah ini juga dibutuhkan oleh tanaman untuk proses fotosintesis (Hartiwi, 2009). Meskipun spektrum biru yang diserap optimal, tetapi energi panas yang dihasilkan untuk proses fotosintesis lebih sedikit sehingga spektrum biru tidak seefektif spektrum merah untuk pertumbuhan tanaman (Suyanto, 2012). Hal ini sesuai dengan penelitian Mikrajuddin, 2017 bahwa tanaman yang diberikan cahaya merah dan ungu mengalami pertumbuhan tanaman yang lebih cepat dan menghasilkan jumlah daun lebih banyak. Dimana semakin banyak jumlah daun pada suatu tanaman maka proses fotosintesis akan lebih optimal karena daun merupakan tempat berlangsungnya proses fotosintesis.

Berdasarkan analisis grafik pengaruh warna lampu LED biru dan merah terhadap kadar klorofil menunjukkan bahwa paparan warna lampu LED merah memberikan pengaruh yang lebih efektif terhadap kadar klorofil daun tomat. Hal ini dikarenakan spektrum merah diserap dengan sangat baik oleh klorofil a dan b daun tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* L.). Spektrum dengan panjang gelombang 630 – 675 nm ini akan dimanfaatkan untuk menghasilkan energi dalam proses fotosistem I dan fotosistem II. Spektrum merah yang diserap maksimal oleh tanaman akan menghasilkan energi yang lebih optimal sehingga

dapat mensintesis ATP yang mana nanti akan dibantu dengan foton yang berasal dari spektrum merah menghasilkan NADPH. NADPH yang terbentuk berperan dalam proses sintesis klorofil sehingga menyebabkan kandungan klorofil semakin meningkat (Richmond, 2004). Sehingga perlakuan warna lampu LED merah lebih efektif untuk meningkatkan kadar klorofil pada tanaman.

Berdasarkan analisis grafik pengaruh lama paparan terhadap tinggi tanaman menunjukkan bahwa besar atau kecilnya lama paparan lampu LED berpengaruh terhadap tinggi tanaman, pada lama paparan 16 jam dan 18 jam pertumbuhan tinggi tanaman semakin menurun karena semakin besar lama paparan yang diberikan akan mengakibatkan lampu menjadi lebih panas dibandingkan perlakuan lain sehingga dapat mempengaruhi peningkatan laju respirasi dan kadar CO₂ pada daun. Ketika laju respirasi dan kadar CO₂ meningkat akibatnya stomata menutup. Walaupun tidak semua stomata tertutup, namun tetap akan mempengaruhi proses fotosintesis (Taiz, 2002).

Berdasarkan analisis grafik pengaruh lama paparan terhadap jumlah daun menunjukkan bahwa semakin besar lama paparan yang diberikan pada tanaman semakin banyak jumlah daun yang dihasilkan. Namun pada lama paparan yang terakhir yaitu 18 jam rata – rata jumlah daun menurun. Sama halnya seperti perlakuan lama paparan pada tinggi tanaman bahwa perlakuan lama paparan terbesar menyebabkan rata – rata tinggi tanaman menurun. Berdasarkan data tersebut menunjukkan bahwa lama paparan 16 jam merupakan waktu paling optimum bagi tanaman menerima cahaya. Setelah lama paparan tersebut jumlah daun menurun karena energi yang diterima untuk proses fotosintesis telah mencapai batas ambang maksimum yang disebut titik saturasi cahaya. Dalam

keadaan ini cahaya yang bersifat sebagai sumber energi untuk fotosintesis justru menjadi sebaliknya bersifat sebagai perusak (fotodestruktif) (Suyanto, 2011). Selain itu juga meningkatkan temperatur daun sehingga menyebabkan stomata menutup. Hal ini tentunya dapat menghambat proses fotosintesis pada tanaman, sehingga pada penelitian ini perlakuan lama paparan 18 jam kurang optimal bagi pertumbuhan jumlah daun maupun tinggi tanaman tomat.

Berdasarkan analisis grafik pengaruh lama paparan terhadap kadar klorofil dapat dianalisis bahwa dari kelima taraf perlakuan lama paparan lampu LED yang paling efektif terhadap banyaknya kandungan klorofil daun tomat adalah perlakuan 18 jam pada lampu merah. Dimana semakin besar lama paparan yang diberikan semakin banyak kadar klorofil a dan b yang diperoleh. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama tanaman menerima cahaya lampu LED maka semakin intensif proses fotosintesis berlangsung sehingga diperoleh hasil kadar klorofil yang semakin tinggi (Lindawati, 2015). Namun hal ini tidak sesuai dengan pengaruh lama paparan lampu LED terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun. Dimana perlakuan lama paparan paling besar 18 jam menghasilkan tinggi tanaman dan jumlah daun semakin sedikit, sedangkan kandungan klorofilnya semakin besar. Hal ini dikarenakan pembentukan klorofil merupakan respon fisiologi, yang mana berperan dalam menangkap energi cahaya dan mengubahnya menjadi energi kimia, memicu fiksasi CO₂ untuk menghasilkan karbohidrat pada proses fotosintesis. Sedangkan tinggi tanaman dan jumlah daun merupakan respon morfologi (Sukanto dan Setiawan, 2016).

Pada penelitian ini diketahui bahwa lampu LED warna merah merupakan warna lampu yang optimal dalam mempengaruhi proses pertumbuhan tanaman

tomat (*Solanum lycopersicum* L.). Pada setiap tanaman terdapat fitokrom yang efektif dalam mengendalikan proses morfogenesis dibandingkan dengan yang lain. Fitokrom adalah suatu pigmen yang terdapat pada tumbuhan yang menyerap atau mendeteksi cahaya. Fitokrom juga berfungsi memberikan informasi pada tumbuhan mengenai kualitas cahaya. Secara kimia, Fitokrom mempunyai dua bentuk yaitu merah (Pr) dan merah jauh (Prf). Fitokrom ini menyerap cahaya dengan panjang gelombang 300 – 800 nm. Namun memiliki sensitifitas maksimum pada Cahaya merah (600 – 700 nm) (Syafriyudin dan Novani, 2015). Fitokrom memiliki dua bentuk yaitu Pr dan Pfr yang dapat mengalami transformasi dan mempengaruhi fungsi fisiologis dari tanaman. Ketika fitokrom mengabsorpsi cahaya merah maka Pr akan berubah menjadi bentuk aktif Pfr. Bentuk aktif Pfr ini yang diduga berpengaruh pada proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Wareing and Phillips, 1989).

Seperti yang disebutkan sebelumnya, cahaya biru (425 – 450 nm) juga diserap oleh pigmen klorofil untuk digunakan dalam proses fotosintesis. Namun tidak seefektif cahaya merah, karena terdapat pigmen lain yang juga menyerap cahaya biru yaitu karotenoid. Menurut (Salisbury and Ross, 1995) seberapa banyak energi yang dimiliki oleh cahaya itu bergantung pada panjang pendeknya suatu gelombang. Fotosintesis dan reaksi fotokimia lainnya tidak bergantung pada energi total cahaya, tapi pada jumlah foton atau kuantum yang diserap. Spektrum biru memiliki foton berenergi tinggi hampir dua kali lipat dibandingkan dengan foton pada spektrum merah. Namun kedua spektrum tersebut mempunyai efek yang persis sama dalam proses fotosintesis. Pada sinar tampak diketahui bahwa energi sinar yang digunakan tumbuhan untuk fotosintesis ternyata hanya 0,5

sampai 2% dari jumlah energi sinar yang tersedia. Energi yang diberikan oleh sinar itu bergantung kepada kualitas (panjang gelombang), intensitas (banyaknya sinar per $1 \text{ cm}^2/\text{s}$) dan waktu (sebentar atau lama) (Suseno, 1974).

Pada penelitian ini diketahui bahwa perlakuan lama penyinaran lampu LED mempengaruhi proses pertumbuhan tanaman. Semakin lama penyinaran, semakin intensif tanaman menerima cahaya untuk fotosintesis. Namun, jika terlalu lama juga dapat menyebabkan temperatur daun meningkat sehingga stomata menutup. Walaupun stomata tidak tertutup semua namun tetap mempengaruhi proses fotosintesis (Taiz, 2002). Selain itu, ketika energi yang diterima untuk fotosintesis telah mencapai batas ambang maksimum, laju pertumbuhan tanaman akan menurun. Batas ambang ini disebut titik saturasi cahaya atau titik jenuh cahaya yang dalam keadaan ini cahaya tidak lagi bersifat sebagai sumber energi melainkan bersifat sebagai perusak (Suyanto, 2011).

4.3 Integrasi Al-Qur'an

Allah SWT telah menyiapkan segala kebutuhan hidup bagi makhluk – Nya, termasuk berbagai macam tumbuhan yang mempunyai peran penting bagi kelangsungan makhluk hidup lainnya di bumi. Salah satu tumbuhan yang memiliki banyak manfaat adalah tomat. Seperti yang telah diketahui bahwa tomat mengandung vitamin C, vitamin A, zat likopen, dan senyawa flavonoid yang bekerja sebagai antioksidan dalam tubuh. Sesungguhnya Allah tidak menciptakan suatu hal tanpa ada manfaat dan hikmah yang bisa diambil dan dipelajari. Di dalam al-qur'an dijelaskan bagaimana tanaman dapat tumbuh mulai dari biji-bijian hingga dapat dimanfaatkan oleh manusia atau makhluk lainnya. sebagaimana firman Allah SWT dalam Qur'an surat abasa ayat 24-28:

فَلْيَنْظُرِ الْإِنْسَانُ إِلَى طَعَامِهِ {٢٤} إِنَّا صَبَبْنَا الْمَاءَ صَبًّا {٢٥} ثُمَّ شَقَقْنَا الْأَرْضَ شَقًّا

{٢٦} فَأَنْبَتْنَا فِيهَا حَبًّا {٢٧} وَعَيْنًا وَقَضْبًا {٢٨}

Artinya: maka hendaklah manusia itu memperhatikan makanannya. Kami – lah yang telah mencurahkan air melimpah (dari langit). Kemudian Kami belah bumi dengan sebaik – baiknya. Lalu di sana Kami tumbuhkan biji – bijian. Dan anggur dan sayur – sayuran.

Berdasarkan tafsir Ibnu Katsir dalam Abdullah, 2004 dijelaskan bahwa Allah mengisyaratkan agar manusia memperhatikan bagaimana proses tumbuhan dapat tumbuh mulai dari biji-bijian. Allah menurunkan hujan dari langit ke bumi yang masuk melalui celah-celahnya lalu meresap ke dalam biji-bijian yang telah ada di dalam tanah. Maka tumbuhlah biji-bijian itu menjadi tanaman yang muncul di permukaan bumi, lalu meninggi. Pada lafadz al – habb artinya adalah biji – bijian, al – ‘inab artinya anggur, sedangkan al – Qadb artinya sejenis sayuran yang dimakan oleh ternak dengan mentah – mentah. Ayat di atas menjelaskan tentang bagaimana proses tumbuhnya tanaman yang dimulai dari biji – bijian hingga siap dimakan. Maka menjadi kewajiban manusia untuk tidak hanya menikmati apa yang telah diberikan oleh Allah SWT. Tetapi juga melakukan upaya untuk meningkatkan produksi tanaman sehingga dapat terus memenuhi kebutuhan pangan manusia.

Penelitian ini dilakukan untuk membantu meningkatkan produktivitas tanaman tomat dengan memperpanjang waktu penyinaran terhadap tanaman sehingga tanaman lebih intensif melakukan proses fotosintesis. Pada umumnya tanaman mendapatkan cahaya untuk proses fotosintesis kurang lebih 10 jam atau pada siang hari yang ditandai dengan adanya matahari. Penjelasan terkait siang

dan matahari telah dijelaskan oleh Allah SWT di dalam Al-Qur'an surat Yasin ayat 40:

لَا الشَّمْسُ يَنْبَغِي لَهَا أَنْ تُدْرِكَ الْقَمَرَ وَلَا اللَّيْلُ سَابِقُ النَّهَارِ ۚ وَكُلٌّ فِي فَلَكٍ يَسْبَحُونَ { ٤٠ }

Artinya: *tidaklah mungkin bagi matahari mendapatkan bulan dan malam pun tidak dapat mendahului siang. Dan masing-masing beredar pada garis edarnya.*

Menurut tafsir Ibnu Katsir dalam Abdullah, 2004 bahwa Allah menciptakan siang dan malam sebagai petunjuk bagi mereka atas kekuasaan Allah SWT yang Maha Agung. Allah menjadikan malam dengan kegelapannya dan siang dengan cahaya sinarnya yang datang silih berganti. Malam, siang, bulan dan matahari beredar dengan berputar pada garis edar langit. Proses terjadinya siang dan malam merupakan fenomena alam yang terjadi di bumi. Pada waktu siang matahari akan terlihat dan menyinari bumi beserta isinya, salah satunya yaitu tumbuhan sehingga dapat membantu dalam proses fotosintesisnya. Pemanfaatan lampu LED dengan menambahkan lama penyinaran yang melebihi waktu siang telah diuji coba oleh peneliti dan memberikan hasil yang baik. Maka Allah telah memberikan banyak perumpamaan – perumpamaan agar kita dapat mengambil pelajaran dan bersyukur serta semakin dekat dengan Allah SWT.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh lama paparan dan warna lampu LED terhadap pertumbuhan tanaman tomat (*Solanum lycopersicum l.*) pada sistem indoor didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pertumbuhan tanaman tomat dapat dipengaruhi oleh warna lampu LED, dimana tanaman tomat yang diberi paparan lampu LED warna merah menghasilkan pertumbuhan yang paling optimal dibandingkan dengan sampel kontrol dan sampel perlakuan lampu LED warna biru. Dengan hasil rata – rata tinggi tanaman 18, 825 cm dan jumlah daun sebanyak 20 helai daun.
2. Perlakuan lama paparan lampu LED juga dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman tomat. Dimana perlakuan lama paparan lampu LED yang menghasilkan pertumbuhan tinggi tanaman paling besar yaitu lama paparan 14 jam, sedangkan lama paparan lampu LED yang menghasilkan jumlah daun paling banyak yaitu 16 jam.
3. Pada penelitian ini dapat diketahui bahwa warna lampu LED dan lama paparan dapat mempengaruhi kadar klorofil daun tomat. Perlakuan warna lampu LED merah dengan lama paparan 18 jam memberikan rata – rata kadar klorofil a dan b tertinggi dibandingkan dengan sampel kontrol dan sampel perlakuan warna lampu LED biru yaitu sebesar 1,196 mg/l dan 1,815 mg/l.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka sarannya yaitu:

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan mengkombinasi warna lampu LED merah dan biru agar memperoleh hasil pertumbuhan yang lebih optimal.
2. Dapat dilakukan pada jenis tanaman yang berbeda hingga panen agar dapat diketahui pengaruh lampu LED terhadap produktivitas tanaman.
3. Penelitian dapat dilanjutkan dengan menambah pengujian lain pada daun tomat, seperti uji antioksidan dan sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. 2004. Tafsir Ibnu Katsir Jilid 8. (Penerjemah: M. Abdul Ghoffar E. M. dan Abu Ihsan Al-Atsari). Jakarta: Pustaka Imam Asy-Syafi'i.
- Advinda, Linda. 2010. Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan. Yogyakarta: Deepublish.
- Afida, A. N. 2018. Matahari dalam Perspektif Sains dan Al-Qur'an. Skripsi. Pendidikan Fisika. Lampung: Universitas Islam Negeri Raden Intan.
- Agnestika, I. K., et. al. 2017. Simulasi Panjang Gelombang Cahaya Terhadap Kualitas Tanaman Krisan (*Chrysantemum morifolium*) Potong. *Jurnal Produksi Tanaman*. 5 (7): 1187 – 1195.
- Akmal, Imelda. 2006. *Lighting*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Akmalia, H. A. dan E. Suharyanto. 2017. Pengaruh Perbedaan Intensitas Cahaya dan Penyiraman pada Pertumbuhan Jagung (*Zea Mays L.*) 'Sweet Boy-02'. *J. Sains Dasar*. 6 (1): 10 – 16.
- Al-Qur'an Terjemahan. 2010. Departemen Agama RI. Bandung: CV Penerbit Diponegoro.
- Arkundato, Artoto dan Endhah Purwandari. 2019. Praktikum Fisika 2. Banten: Universitas Terbuka.
- Asra, R., Ririn A. S., dan Mariana S. 2020. Hormon Tumbuhan. Jakarta: UKI Press.
- Beiser, Arthur. 1992. Konsep Fisika Modern. (Penerjemah: The Houw Liong). Jakarta: Erlangga.
- Bush, daniel. 2005. Photosynthesis: The Ultimate Source Of Energy For Biofuel Production. Colorado Sate University: Pearson Education.
- Campbell, N. A., J. B. Reece and L. G. Mitchell. 2002. Biologi V : 1st Edition. Jakarta: Erlangga.
- Campbell, N. A., dan J. B. Reece. 2010. Biologi Edisi ke 10 Jilid 1. (Penerjemah: D. T. Wulandari). Jakarta: Erlangga.
- Departemen Pertanian. 2015. Rencana Strategis 2015 – 2019 Peraturan Menteri Pertanian. Jakarta.

- Frederick, J. B., and Eugene Hecht. 2006. *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh*. (Penerjemah: Refina Indriasari). Jakarta: Erlangga.
- Hartiwi, Etti dan Suryasatriya T. 2009. Pengukuran Spektrum Klorofil Daun Suji Menggunakan Spektrofotometer Sederhana. *Prosiding Seminar nasional Sains dan Pendidikan Sains*. 4 (3): 622 – 631.
- Hikosaka, Kouki, *et al.* 2006. Temperature Acclimation Of Photosynthesis: Mechanisms Involved In The Changes In Temperature Dependence Of Photosynthetic Rate. *Journal of experimental botany*. 57 (2): 291 – 302.
- Jenie, Betty S.L., Mitrajanty, K.D dan Srikandi, F. 1997. Produksi Konsentrat dan Bubuk Pigmen Angkak Darl *Monascus purpureus* serta Stabilitasnya Selama Penyimpanan. *Bulletin Teknologi dan Pangan*. 7 (2): 39-46.
- Knox, Robert S. 1969. Thermodynamics And The Primary Processes Of Photosynthesis. *Biophysical Journal*. 9: 1351 – 1362.
- Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, 2016. Cahaya dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains. Jakarta: Badan Litbang Dan Diklat Kementerian Agama RI.
- Lamusa, Arifuddin. 2004. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Tomat (Suatu Kasus Di Wilayah Kebun Kopi) Kecamatan Tawaili Kabupaten Donggala. *Jurnal Agrisains*. 5 (1): 35 – 42.
- L. Huimin, Zhigang Xu, and Canming Tang. 2010. Effect Of Light-Emitting Diodes On Growth and Morphogenesis Of Upland Cotton (*Gossypium Hirsutum* L.) Plantlets In Vitro. *Plant Cell Tiss Organ Cult*. 103: 155 – 163.
- Lindawati, Yesi, dkk. 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). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 4 (3): 191 – 200.
- Ménard, Claudine and Martine Dorais. 2006. Developmental and Physiological Responses of Tomato and Cucumber to Additional Blue Light. *Acta Hort*. 711: 291 – 296.
- Mikrajuddin Abdulah. 2017. Keefektifan Spektrum Cahaya Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kacang Hijau. *Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Fisika*. 4 (2): 93 – 102.
- Morrow, R. C. 2010. LED Lighting in Horticulture. *Hortscience*. 43 (7): 1947 – 1950.

- Murakami, Keach, Ryo Matsuda, and Kazuhiro Fujiwara. 2010. Mathematical Model of Photosynthetic Electron Transportin Response to the Light Spectrum Based on Excitation Energy Distributed to Photosystems. *Plant Cell Physiol.* 59 (10): 1643 – 1651.
- Naomi, A., Jeni Pertiwi, Putri A.P., Shabrina N.D., dan Asep S. 2018. Keefektifan Spektrum Cahaya Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata*). *Gravity: Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Fisika.* 4 (2): 93 – 102.
- Prastyo, K. A. dan Ainun N. L. 2015. Uji Konsentrasi Klorofil Daun Temu Mangga (*Curcuma Manga Val.*), Temulawak (*Curcuma Xanthorriza*), Dan Temu Hitam (*Curcuma Aeruginosa*) Dengan Tipe Kertas Saring Yang Berbeda Menggunakan Spektrofotometer. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Richmond, A. 2004. Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology. Blackwell Science.
- Runkle, E. 2015. Light Wavebands & Their Effects on Plants. Michigan State University Extension Floriculture Team.
- Safriani, Hadi. 2010. Pengaruh Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Tomat (*Solanum Lycopersicum* Mill.) Sebagai Penunjang Praktikum Fisiologi Tumbuhan. (Skripsi).
- Salisbury, F. B dan C.W. Ross. 1995. Fisiologi Tumbuhan Jilid 2. Terjemahan oleh Diah R. Lukman dan Sumaryono, 1995. Bandung: Penerbit ITB.
- Setiawan, A. B., Rudi Hari Murti, dan Aziz Purwantoro. 2015. Pengaruh Giberelin Terhadap Karakter Morfologi dan Hasil Buah Partenokarpi pada Tujuh Genotipe Tomat (*Solanum lycopersicum* L.). Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Simpson, M. G. 2010. Plant Systematics. Academic Press: USA.
- Song Ai, Nio. 2012. Evolusi Fotosintesis Pada Tumbuhan. *Jurnal Ilmiah Sains.* 12 (1): 29 – 34.
- Spalholz, H., Penelope Perkins-Veazie, and Ricardo Hernández. 2020. Impact Of Sun-Simulated White Light And Varied Blue:Red Spectrums On The Growth, Morphology, Development, And Phytochemical Content Of Greenand Red-Leaf Lettuce At Different Growth Stages. *Scientia Horticulturae.* 264: 1- 2.
- Suhardi, Diding. 2014. Prototipe Controller Lampu Penerangan LED (*Light Emitting Diode*) Independent Bertenaga Surya. *Jurnal Gamma.* 10 (1): 116-122.

- Sukanto dan Setiawan. 2016. Karakter Morfologis dan Fisiologis Tanaman Nilam Di Bawah Naungan dan Tanpa Naungan. *Bul. Littro*. 27 (2): 137 – 146.
- Suseno, H. 1974. *Metabolisme Dasar*. Bogor: IPB.
- Sutoyo. 2011. Fotoperiode Dan Pembungaan Tanaman. *Buana Sains*. 11 (2): 137 – 144.
- Suyanto, H., Ni N.R., dan Dewi H. 2012. Influence Of Light Wavelengths On Growth Of Tomato. *Jurnal Bumi Lestari (Journal of Environment)*. 12 (2): 338 – 344.
- Suyanto, H., Tri L.A., Ni N.R., dan Putu W. 2011. Pengaruh Intensitas Cahaya Merah 680 Nm Terhadap Laju Pertumbuhan Dan Kadar Klorofil-A Pada Fase Pembibitan Tanaman Tomat. *Seminar Nasional Fisika*. 11 (2): 1 – 7.
- Syafriyudin dan Novani Thabita Ledhe. 2015. Analisis Pertumbuhan Tanaman Krisan Pada Variabel Warna Cahaya Lampu LED. *Jurnal Teknologi*. 8 (1): 83-87.
- Syarifuddin, et. al. 2015. Pengaruh Variabel Warna Lampu LED Terhadap Pertumbuhan Tanaman Krisan. *Proseding Seminar Nasional Teknik Industri “sustainable Manufacturing”*.
- Syukur, M., Eka Saputra, dan Rudi Hermanto. 2015. *Bertanam Tomat di Musim Hujan*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. *Plant Physiology*. Sinauer Associates: Sunderland.
- Tamulaitis, G., et al. 2005. High-power Light-emitting diode based facility for plant cultivation. *Journal of physics D: Applied Physics*. 38 (17): 3182 – 3187.
- Wang, J. W., and Ray, R. K. 1984. *Agricultural and Its Environment. Prediction and Control*. London: Kendall/Hunt Publ. Co. Iowa.
- Wardiana, Edi. 2015. *Menelaah Hasil Analisis Statistik Untuk Meningkatkan Karya Tulis Ilmiah (Sebuah Ilustrasi Untuk Kasus Interaksi)*. Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar.
- Wareing, P.F. dan I.D. Phillips, 1989, *Growth and Differentiation Plants*, 3rd Edition. Chicago: Pergamon Press.
- Wiguna, K. W., dkk. 2015. Pertumbuhan Tanaman Krisan (*Crhysantemum*) dengan Berbagai Penambahan Warna Cahaya Lampu LED Selama 30 Hari pada Fase Vegetatif. *Jurnal BETA (Biosistem dan Teknik Pertanian)*. 3 (2): 2 – 10.

Wijaya, Imas, dkk. 2019. LED (*Light Emitting Diode*) Light Provides Positive Effects on Growth and Productivity of Pakcoy Mustard (*Brassica Rapa L.*). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 355: 1 – 11.

Yoginugraha, dkk. 2017. Kualitas Hasil Tanaman Krisan (*Crhysanthemum*) pada Penambahan Cahaya Lampu LED Merah Secara Siklik. *Jurnal BETA*. 5 (1) : 35 – 44.

Lampiran 1 Data Hasil Penelitian

1. Data Hasil pengukuran tinggi tanaman

Lama paparan 10 jam, lampu biru

Perlakuan	minggu 1	minggu 2	minggu 3	minggu 4	minggu 5	minggu 6
Z1H10	8	9	10	10,7	11,8	12,5
Z2H10	7	7,5	8	8,5	9	10,4
Z3H10	7,2	8	8,3	8,8	9,6	10,7
Z4H10	7	7,5	8,1	8,6	9,2	10,4
total	7,3	8	8,6	9,15	9,9	11

Lama paparan 12 jam, lampu biru

Perlakuan	minggu 1	minggu 2	minggu 3	minggu 4	minggu 5	minggu 6
Z1H12	7	8	9	10,3	11	12
Z2H12	7	8,5	9,6	10,8	11,7	12,6
Z3H12	7	8	9	10	11	12,4
Z4H12	8	9	10	11	12,2	13
Total	7,25	8,375	9,4	10,525	11,475	12,5

Lama paparan 14 jam, lampu biru

Perlakuan	minggu 1	minggu 2	minggu 3	minggu 4	minggu 5	minggu 6
Z1H14	7	8	9	9,8	10,5	11,6
Z2H14	7,5	8	9	9,5	10,2	11
Z3H14	8	10	11	12	12,7	13,7
Z4H14	8	10	11,6	12,2	13,5	14,8
Total	7,625	9	10,15	10,875	11,725	12,775

Lama paparan 16 jam, lampu biru

Perlakuan	minggu 1	minggu 2	minggu 3	minggu 4	minggu 5	minggu 6
Z1H16	8	9	10	10,6	11,5	12,2
Z2H16	7,5	8	9	11	12	13
Z3H16	9	11	12	13,7	14,8	15,6
Z4H16	7	8	9,8	11,3	12	13,8
Total	7,875	9	10,2	11,65	12,575	13,65

Lama paparan 18 jam, lampu biru

Perlakuan	minggu 1	minggu 2	minggu 3	minggu 4	minggu 5	minggu 6
Z1H18	7	8	9	10	11,3	12
Z2H18	8	9,2	10,4	11	11,7	12,4
Z3H18	8	9	10,1	11,5	11,9	12,5
Z4H18	9	10	11,3	12,4	13	14
Total	8	9,05	10,2	11,225	11,975	12,725

Lama paparan 10 jam, lampu merah

Perlakuan	minggu 1	minggu 2	minggu 3	minggu 4	minggu 5	minggu 6
Z1H10	9,2	11,4	13	14	14,8	16
Z2H10	9	11	12	13,2	14	15
Z3H10	10	11,8	12,5	13,3	14	14,9
Z4H10	8	9	10	11	12,5	13,1
Total	9,05	10,8	11,875	12,875	13,825	14,75

Lama paparan 12 jam, lampu merah

Perlakuan	minggu 1	minggu 2	minggu 3	minggu 4	minggu 5	minggu 6
Z1H12	9,3	12	13,5	15	16	18
Z2H12	12	15	16,5	17	17,6	19
Z3H12	9	11,4	12,6	13,7	14,5	15,4
Z4H12	9	11	12	13,2	14	15,2
Total	9,825	12,35	13,65	14,725	15,525	16,9

Lama paparan 14 jam, lampu merah

Perlakuan	minggu 1	minggu 2	minggu 3	minggu 4	minggu 5	minggu 6
Z1H14	9	12	15,5	18,5	20	22
Z2H14	8	10	12,6	14	15	16
Z3H14	9,3	12	14	16,6	18,5	19,3
Z4H14	8	11	13	15,5	16	18
Total	8,575	11,25	13,775	16,15	17,375	18,825

Lama paparan 16 jam, lampu merah

Perlakuan	minggu 1	minggu 2	minggu 3	minggu 4	minggu 5	minggu 6
Z1H16	8,5	10	11	12	13,3	14,3
Z2H16	9,5	12	13,5	15	16	17,7
Z3H16	10	13	15	18,5	20	21,8
Z4H16	10	12,5	14	15,8	17	19,7
Total	9,5	11,875	13,375	15,325	16,575	18,375

Lama paparan 18 jam, lampu merah

Perlakuan	minggu 1	minggu 2	minggu 3	minggu 4	minggu 5	minggu 6
Z1H18	9	10	11,6	12,3	13	14
Z2H18	9,3	11	12	13,5	15	16
Z3H18	9	10	11,3	12,5	13,5	14,6
Z4H18	10	11	12	14	15	16,8
Total	9,325	10,5	11,725	13,075	14,125	15,35

kontrol

Perlakuan	minggu 1	minggu 2	minggu 3	minggu 4	minggu 5	minggu 6
kontrol	8	9	11	14	15,4	17
kontrol	9	10,2	13	14,9	16	18,2
kontrol	7,9	9	11	14	15	18
kontrol	8	9,4	11,6	14,7	15,5	20
Total	8,225	9,4	11,65	14,4	15,475	18,3

2. Data Hasil Pengukuran Jumlah Daun

Lama paparan 10 jam, lampu biru

perlakuan	minggu 1	minggu 2	minggu 3	minggu 4	minggu 5	minggu 6
Z1H10	4	5	7	9	10	12
Z2H10	4	5	6	8	9	11
Z3H10	4	5	6	8	9	11
Z4H10	4	5	6	8	9	11
total	4	5	6,25	8,25	9,25	11,25

Lama paparan 12 jam, lampu biru

Perlakuan	minggu 1	minggu 2	minggu 3	minggu 4	minggu 5	minggu 6
Z1H12	4	5	6	8	10	11
Z2H12	4	5	6	8	10	12
Z3H12	4	5	6	8	10	12
Z4H12	4	5	6	7	9	11
Total	4	5	6	7,75	9,75	11,5

Lama paparan 14 jam, lampu biru

Perlakuan	minggu 1	minggu 2	minggu 3	minggu 4	minggu 5	minggu 6
Z1H14	4	5	7	9	11	14
Z2H14	4	5	7	9	11	14
Z3H14	4	5	6	8	9	11
Z4H14	4	5	7	9	10	12
Total	4	5	6,75	8,75	10,25	12,75

Lama paparan 16 jam, lampu biru

Perlakuan	minggu 1	minggu 2	minggu 3	minggu 4	minggu 5	minggu 6
Z1H16	4	6	8	10	12	14
Z2H16	4	6	8	10	12	14
Z3H16	5	7	9	11	14	16
Z4H16	4	6	8	10	13	14
Total	4,25	6,25	8,25	10,25	12,75	14,5

Lama paparan 18 jam, lampu biru

Perlakuan	minggu 1	minggu 2	minggu 3	minggu 4	minggu 5	minggu 6
Z1H18	4	5	6	8	9	11
Z2H18	5	6	7	9	11	13
Z3H18	4	5	6	8	9	11
Z4H18	5	6	7	9	11	13
Total	4,5	5,5	6,5	8,5	10	12

Lama paparan 10 jam, lampu merah

Perlakuan	minggu 1	minggu 2	minggu 3	minggu 4	minggu 5	minggu 6
Z1H10	4	5	6	8	10	12
Z2H10	4	4	5	7	9	11
Z3H10	4	5	6	8	10	12
Z4H10	4	5	6	8	10	12
Total	4	4,75	5,75	7,75	9,75	11,75

Lama paparan 12 jam, lampu merah

Perlakuan	minggu 1	minggu 2	minggu 3	minggu 4	minggu 5	minggu 6
Z1H12	4	6	8	10	12	14
Z2H12	4	6	8	10	12	13
Z3H12	5	7	9	11	13	15
Z4H12	4	6	8	10	12	14
Total	4,25	6,25	8,25	10,25	12,25	14

Lama paparan 14 jam, lampu merah

Perlakuan	minggu 1	minggu 2	minggu 3	minggu 4	minggu 5	minggu 6
Z1H14	4	6	8	11	14	16
Z2H14	5	7	9	12	15	17
Z3H14	5	7	9	12	15	17
Z4H14	4	6	8	11	13	15
Total	4,5	6,5	8,5	11,5	14,25	16,25

Lama paparan 16 jam, lampu merah

Perlakuan	minggu 1	minggu 2	minggu 3	minggu 4	minggu 5	minggu 6
Z1H16	4	6	8	11	15	19
Z2H16	4	6	8	11	15	20
Z3H16	4	6	9	12	16	20
Z4H16	5	7	11	14	17	21
Total	4,25	6,25	9	12	15,75	20

Lama paparan 18 jam, lampu merah

Perlakuan	minggu 1	minggu 2	minggu 3	minggu 4	minggu 5	minggu 6
Z1H18	4	6	9	13	17	20
Z2H18	5	7	10	14	18	21
Z3H18	4	6	9	12	15	19
Z4H18	4	6	9	12	15	19
Total	4,25	6,25	9,25	12,75	16,25	19,75

kontrol

Perlakuan	minggu 1	minggu 2	minggu 3	minggu 4	minggu 5	minggu 6
kontrol	5	6	9	13	16	19
kontrol	5	6	9	14	17	20
kontrol	5	7	11	15	18	21
kontrol	5	6	10	13	15	18
Total	5	6,25	9,75	13,75	16,5	19,5

3. Data Nilai Absorbansi

Lama paparan 10 jam, lampu biru

Perlakuan	Nilai OD	
	645nm	663nm
Z1H10	0,074	0,147
Z2H10	0,031	0,055
Z3H10	0,035	0,07
Z4H10	0,032	0,06
Total	0,043	0,083

Lama paparan 12 jam, lampu biru

Perlakuan	Nilai OD	
	645nm	663nm
Z1H12	0,03	0,045
Z2H12	0,031	0,055
Z3H12	0,037	0,067
Z4H12	0,036	0,062
Total	0,0335	0,05725

Lama paparan 14 jam, lampu biru

Perlakuan	Nilai OD	
	645nm	663nm
Z1H14	0,043	0,073
Z2H14	0,044	0,074
Z3H14	0,033	0,049
Z4H14	0,03	0,053
Total	0,0375	0,06225

Lama paparan 16 jam, lampu biru

Perlakuan	Nilai OD	
	645nm	663nm
Z1H16	0,054	0,071
Z2H16	0,046	0,06
Z3H16	0,039	0,056
Z4H16	0,045	0,061
Total	0,046	0,062

Lama paparan 18 jam, lampu biru

Perlakuan	Nilai OD	
	645nm	663nm
Z1H18	0,05	0,06
Z2H18	0,041	0,05
Z3H18	0,035	0,042
Z4H18	0,03	0,043
Total	0,039	0,04875

Lama paparan 10 jam, lampu merah

Perlakuan	Nilai OD	
	645nm	663nm
Z1H10	0,051	0,061
Z2H10	0,023	0,036
Z3H10	0,022	0,039
Z4H10	0,03	0,044
Total	0,0315	0,045

Lama paparan 12 jam, lampu merah

Perlakuan	Nilai OD	
	645nm	663nm
Z1H12	0,03	0,042
Z2H12	0,043	0,052
Z3H12	0,031	0,045
Z4H12	0,033	0,047
Total	0,03425	0,0465

Lama paparan 14 jam, lampu merah

Perlakuan	Nilai OD	
	645nm	663nm
Z1H14	0,045	0,042
Z2H14	0,043	0,054
Z3H14	0,035	0,045
Z4H14	0,031	0,048
Total	0,0385	0,04725

Lama paparan 16 jam, lampu merah

Perlakuan	Nilai OD	
	645nm	663nm
Z1H16	0,17	0,178
Z2H16	0,04	0,098
Z3H16	0,035	0,0553
Z4H16	0,045	0,052
Total	0,0725	0,095825

Lama paparan 18 jam, lampu merah

Perlakuan	Nilai OD	
	645nm	663nm
Z1H18	0,12	0,131
Z2H18	0,154	0,166
Z3H18	0,098	0,107
Z4H18	0,04	0,06
Total	0,103	0,116

kontrol

PERLAKUAN	NILAI OD	
	645NM	663NM
K1	0,053	0,075
K2	0,038	0,047
K3	0,032	0,038
K4	0,044	0,065
Total	0,04175	0,05625

4. Data Nilai Kadar Klorofil

Lama paparan 10 jam, lampu biru

Perlakuan	Kadar klorofil	
	a	b
Z1H10	1,66784	1,00664
Z2H10	0,61511	0,4525
Z3H10	0,79485	0,4739
Z4H10	0,67592	0,452
Total	0,93843	0,59626

Lama paparan 12 jam, lampu biru

Perlakuan	Kadar klorofil	
	a	b
Z1H12	0,4908	0,4764
Z2H12	0,61511	0,4525
Z3H12	0,75137	0,53374
Z4H12	0,69056	0,53424
Total	0,63696	0,49922

Lama paparan 14 jam, lampu biru

Perlakuan	Kadar klorofil	
	a	b
Z1H14	0,81143	0,64306
Z2H14	0,82144	0,66128
Z3H14	0,53353	0,52638
Z4H14	0,5924	0,43896
Total	0,6897	0,56742

Lama paparan 16 jam, lampu biru

Perlakuan	Kadar klorofil	
	a	b
Z1H16	0,75644	0,90432
Z2H16	0,63826	0,7726
Z3H16	0,60629	0,63102
Z4H16	0,65365	0,74502
Total	0,66366	0,76324

Lama paparan 18 jam, lampu biru

Perlakuan	Kadar klorofil	
	a	b
Z1H18	0,6275	0,8642
Z2H18	0,52471	0,7049
Z3H18	0,43925	0,60494
Z4H18	0,4654	0,48576
Total	0,514215	0,66495

Lama paparan 10 jam, lampu merah

Perlakuan	Kadar klorofil	
	a	b
Z1H10	0,63751	0,88242
Z2H10	0,39533	0,35822
Z3H10	0,43612	0,32128
Z4H10	0,4781	0,48108
Total	0,486765	0,51075

Lama paparan 12 jam, lampu merah

Perlakuan	Kadar klorofil	
	a	b
Z1H12	0,4527	0,49044
Z2H12	0,54473	0,74134
Z3H12	0,48811	0,4993
Z4H12	0,50813	0,53574
Total	0,4984175	0,566705

Lama paparan 14 jam, lampu merah

Perlakuan	Kadar klorofil	
	a	b
Z1H14	0,41235	0,83394
Z2H14	0,57013	0,73198
Z3H14	0,47735	0,5909
Z4H14	0,52621	0,48526
Total	0,49651	0,66052

Lama paparan 16 jam, lampu merah

Perlakuan	Kadar klorofil	
	a	b
Z1H16	1,8033	3,05996
Z2H16	1,137	0,45736
Z3H16	0,60816	0,542696
Z4H16	0,53935	0,78714
Total	1,0219525	1,211789

Lama paparan 18 jam, lampu merah

Perlakuan	Kadar klorofil	
	a	b
Z1H18	1,3409	2,13492
Z2H18	1,69394	2,74972
Z3H18	1,09528	1,74344
Z4H18	0,6544	0,6352
Total	1,19613	1,81582

kontrol

Perlakuan	Kadar klorofil	
	a	b
K1	0,80993	0,8627
K2	0,49468	0,65024
K3	0,39652	0,55496
K4	0,70714	0,7034
Total	0,6020675	0,692825

Lampiran 2 Analisis ANOVA dan Uji Lanjut Duncan 5%

1. Analisis Anova pada tinggi tanaman tomat

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: tinggi

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	299.612 ^a	10	29.961	10.303	.000
Intercept	8948.320	1	8948.320	3077.267	.000
Z	185.761	1	185.761	63.882	.000
H	53.608	4	13.402	4.609	.005
Z * H	12.721	4	3.180	1.094	.376
Error	95.960	33	2.908		
Total	10313.580	44			
Corrected Total	395.572	43			

a. R Squared = .757 (Adjusted R Squared = .684)

Uji Duncan 5% pada faktor warna lampu LED terhadap tinggi tanaman

tinggi

Duncan^{a,b,c}

Perlakuan Z	N	Subset	
		1	2
Z1	20	12.5300	
Z2	20		16.8400
Z0	4		18.3000
Sig.		1.000	.086

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 2.908.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.571.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = .05.

Uji Duncan 5% pada faktor lama paparan terhadap tinggi tanaman

tinggi

Duncan^{a,b,c}

Perlakuan H	N	Subset		
		1	2	3
H10	8	12.8750		
H18	8	14.0375	14.0375	
H12	8	14.7000	14.7000	
H14	8		15.8000	
H16	8		16.0125	
H0	4			18.3000
Sig.		.069	.057	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 2.908.

- Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.857.
- The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
- Alpha = .05.

2. Analisis Anova pada jumlah daun

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: daun

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	485.136 ^a	10	48.514	52.063	.000
Intercept	8957.469	1	8957.469	9612.894	.000
Z	156.025	1	156.025	167.441	.000
H	171.500	4	42.875	46.012	.000
Z * H	62.100	4	15.525	16.661	.000
Error	30.750	33	.932		
Total	10207.000	44			
Corrected Total	515.886	43			

a. R Squared = .940 (Adjusted R Squared = .922)

Lampiran 3 Bukti Penelitian

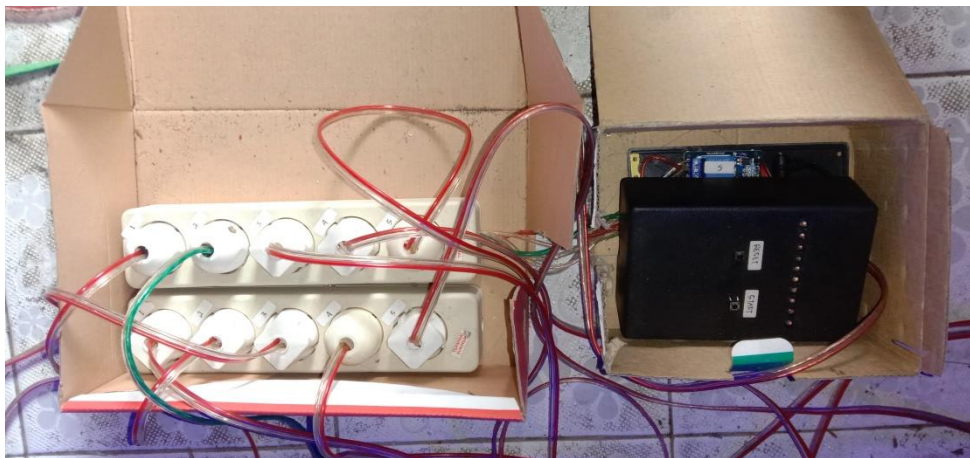
1. Alat dan bahan



Kabel, fitting lampu, gunting, penggaris



biji tomat



Timer dan stop kontak



Lux meter



Lampu LED 3 watt

2. Persiapan media dan pembibitan



3. Perendaman benih



4. Pemaparan lampu LED



5. Tanaman tomat berumur 14 hari setelah semai



6. Pertumbuhan tanaman tomat





Minggu I



Minggu II



Minggu III



Minggu IV



Minggu V



Minggu VI



Kontrol

7. Uji klorofil





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

Gedung B.J. Habibie Lt. 2 Fak. Saintek Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp. (0341) 558933

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

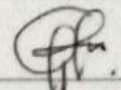
Nama : Nurul Hazwani
NIM : 16640027
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/Fisika
Judul Skripsi : Pengaruh Lama Paparan Cahaya LED Merah dan Biru Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat (*Solanum Lycopersicum L.*) Pada Sistem Indoor
Pembimbing I : Dr. H. M. Tirono, M.Si
Pembimbing II : Erna Hastuti, M.Si

No.	Hari/Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	Rabu/ 01 April 2020	Konsultasi Bab I, II, dan III	
2	Rabu/ 08 April 2020	Konsultasi Bab I, II, dan III	
3	Senin/ 20 April 2020	Konsultasi Bab I, II, dan III	
4	Rabu/ 29 April 2020	Konsultasi Bab I, II, dan III	
5	Rabu/ 06 Mei 2020	Konsultasi Bab I, II, III dan ACC	
6	Rabu/ 07 April 2021	Konsultasi data hasil Bab IV	
7	Kamis/ 08 April 2021	Konsultasi data hasil Bab IV dan ACC	
8	Kamis/ 06 Mei 2021	Konsultasi Bab IV dan ACC	
9	Jumat/ 04 Juni 2021	Konsultasi integrasi	
10	Minggu/ 06 Juni 2021	Konsultasi integrasi	
11	Rabu/ 14 Juli 2021	Konsultasi Bab IV	
12	Sabtu/ 17 Juli 2021	Konsultasi Bab IV	
13	Rabu/ 21 Juli 2021	Konsultasi Bab IV dan ACC	
14	Rabu/ 28 Juli 2021	Konsultasi integrasi	



**KEMENTRIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN FISIKA**

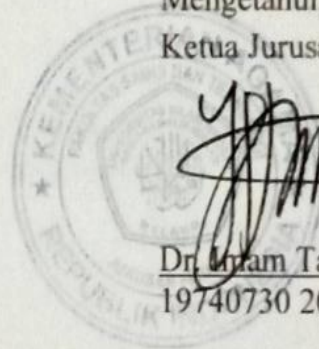
Gedung B.J. Habibie Lt. 2 Fak. Saintek Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp. (0341) 558933

13	Rabu/ 21 Juli 2021	Konsultasi Bab IV dan ACC	
14	Rabu/ 28 Juli 2021	Konsultasi integrasi	
15	Selasa/ 16 November 2021	Konsultasi integrasi dan ACC	
16	Kamis/ 18 November 2021	Konsultasi semua Bab dan ACC	

Malang, 25 November 2021

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika



Dr. Mham Tazi, M.Si

19740730 200312 1 002