

**PENGARUH IRRADIASI LASER HELIUM-NEON (He-Ne)
TERHADAP PENINGKATAN METABOLISME KACANG HIJAU
(*Vigna Radiata L*)**

SKRIPSI

Oleh:
GITA NUBUWWAH HARAHAH
NIM. 17640048



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

**PENGARUH IRRADIASI LASER HELIUM-NEON (He-Ne)
TERHADAP PENINGKATAN METABOLISME KACANG HIJAU
(*Vigna Radiata L*)**

SKRIPSI

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

**Oleh:
GITA NUBUWWAH HARAHAP
NIM. 17640048**

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

HALAMAN PERSETUJUAN

PENGARUH IRRADIASI LASER HELIUM-NEON (He-Ne)
TERHADAP PENINGKATAN METABOLISME KACANG HIJAU
(*Vigna Radiata L*)

SKRIPSI

Oleh :
Gita Nubuwwah Harahap
NIM. 17640048

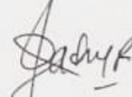
Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji,
Pada tanggal : 4 Juli 2022

Dosen Pembimbing I



Wiwis Sasmitaninghidayah, M.Si
NIDT. 19870215 20180201 2 233

Dosen Pembimbing II



Ahmad Abtokhi, M.Pd
NIP. 1976003 200312 1 004

Mengetahui,
Program Studi



Ham Tazi, M.Si
NIP. 197407200312 1 002

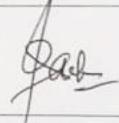
HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH IRRADIASI LASER HELIUM-NEON (He-Ne)
TERHADAP PENINGKATAN METABOLISME KACANG HIJAU
(*Vigna Radiata L*)

SKRIPSI

Oleh:
Gita Nubuwwah Harahap
NIM. 17640048

Telah Dipertahankan Di Depan Penguji
dan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana (S.Si)
Pada Tanggal 5 Juli 2022

Penguji Utama	<u>Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes</u> NIP. 19750808 199903 1 003	
Ketua Penguji	<u>Ahmad Luthfin, S.Si, M.Si</u> NIP. 198660504 201903 1 009	
Sekretaris Penguji	<u>Wiwis Sasmitaninghidayah, M.Si</u> NIDT. 19870215 20180201 2 233	
Anggota Penguji	<u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u> NIP. 1976003 200312 1 004	



PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gita Nubuwwah Harahap
NIM : 17640048
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Pengaruh Iradiasi Laser HeliumNeon (He-Ne)
Terhadap Peningkatan Metabolisme Kacang hijau
(*Vigna Radiata L*)

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

Malang, 28 Juni 2022



Membuat Pernyataan,

Gita Nubuwwah Harahap
NIM. 17640048

MOTTO

**“Hargai dirimu, hargai prosesmu tanpa berpikir
bahwa dirimu tak layak dan orang lain lebih baik darimu.”**

**"Angin tidak berhembus untuk menggoyangkan pepohonan,
melainkan menguji kekuatan akarnya."
- Ali bin Abi Thalib -**

مَنْ صَبَرَ ظَفِرَ

“Barang siapa yang bersabar maka ia akan beruntung.”

HALAMAN PERSEMBAHAN

*Dengan memanjatkan syukur kepada Allah Subhanahu wa ta'ala
Kupersembahkan skripsi ini teruntuk kedua orang tuaku tercinta,
ibu Nur Aini Dalimunthe dan ayah Muhammad Nasir Harahap yang tiada
henti mendoakan, menyemangati dan mendengar keluh kesahku serta berjuang
mencari biaya pendidikanku dan memenuhi segala kebutuhanku selama kuliah.
Terimakasih juga kepada kakakku Alita Abacha Harahap, S.E dan adikku
Eva Purnama Sari, Bahota Raja Muda, Ba'ada Harahap, Hisnia Dixci Harahap
yang mendukung untuk selalu semangat dalam melakukan penelitian dan
menyusun skripsi saya.*

*Terimakasih kepada dosen pembimbing ku Ibu Wiwis Sasmitaninghidayah, M.si
dan Bapak Ahmad Abtokhi, M.Pd atas bimbingan dan arahannya selama proses
penyusunan skripsi saya.*

*Teman-teman fisika angkatan 2017 terkhusus peminatan Biofisika yang sedikit
banyak telah membantu dan memberi warna dalam perjalanan menimba ilmu di
kampus tercinta.*

*Teman-teman IKRH yang memberikan semangat dan motivasi dan terkhusus Nur
Riska Ritonga yang senantiasa menemani saya dalam mengerjakan skripsi ini.*

*Terimah kasih untuk diriku sendiri,
yang telah berusaha, kuat dan sabar sehingga bisa sampai pada tahap ini.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan hidayah-Nya sehingga penulisan skripsi yang berjudul “PENGARUH IRRADIASI LASER HELIUM-NEON (He-Ne) TERHADAP PENINGKATKAN METABOLISME PADA KACANG HIJAU (*Vigna Radiata L*)” dapat diselesaikan.

Skripsi ini disusun untuk melengkapi salah satu persyaratan kelulusan Sarjana Sains (S.Si). Skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan dan do'a dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimah kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang memberikan kesempatan dengan peraturan dalam mempermudah bimbingan skripsi ini.
3. Dr. Imam Tazi, M.Si selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mengarahkan, membantu, memotivasi untuk menyelesaikan skripsi ini.
4. Drs. M. Tirono, M.Si selaku Ketua Program Studi Biofisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim telah mengarahkan, membantu, memotivasi untuk menyelesaikan skripsi ini.
5. Wiwis Sasmitaninghidayah, M.Si selaku pembimbing utama yang telah banyak memberikan masukan, saran, dan bimbingan serta motivasi selama proses penulisan.

6. Ahmad Abtokhi, M.Pd, selaku pembimbing integrasi yang telah menyempurnakan dan memberikan pengarahan serta dorongan moril sehingga ini dapat selesai.
7. Irjan, M.Si selaku dosen wali yang tidak henti-hentinya memberikan motivasi, bimbingan, pengarahan, dan ilmu pengetahuan.
8. Seluruh dosen, laboran dan admin Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang selalu memotivasi, memberi pengarahan dan ilmu pengetahuan.
9. Orangtua dan seluruh keluarga yang memberi doa, motivasi, dan dukungan selama proses penelitian.
10. Teman-teman Program Studi Fisika angkatan 2017, khususnya bidang minat biofisika yang memberikan dukungan kepada penulis.
11. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan dukungan selama proses penelitian.

Dengan diiringi do'a dan ucapan terima kasih, diharapkan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi banyak orang atau masyarakat. Guna penyempurnaan skripsi ini, sangat dihargai apabila ada yang memberikan saran dan kritik yang bersifat membangun.

Malang, 28 Juni 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	Error! Bookmark not defined.
MOTTO..	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
ملخص.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Batasan Masalah.....	7
1.5 Manfaat Penelitian	8
BAB II DASAR TEORI.....	9
2.1 Laser.....	9
2.1.1 Laser Helium-Neon (He-Ne).....	12
2.2 Radiasi.....	14
2.2.1 Dosis Radiasi	15
2.3 Kacang Hijau.....	17
2.3.1 Morfologi Kacang Hijau	18
2.4 Metabolisme Kacang Hijau.....	22
2.4.1 Klorofil atau Pigmen Fotosintesis	24
2.4.2 Fenolik dan Flavonoid.....	24
2.4.3 Kandungan Antosianin	25
2.4.4 Protein	26
2.4.5 Glukosa.....	27
2.5 Analisis ANOVA dan TUKEY	28
2.6 Integrasi Al-Qur'an	29
BAB III METODE PENELITIAN	31
3.1 Jenis Penelitian.....	31
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	31
3.3 Alat dan Bahan.....	31
3.4 Variabel Penelitian	33
3.5 Diagram Alir Penelitian	34
3.6 Prosedur Penelitian.....	35

3.6.1 Tahap Persiapan	35
3.6.2 Tahap Paparan Iradiasi Laser	35
3.6.3 Tahap Uji Metabolisme	36
3.7 Data Pengukuran Pertumbuhan.....	37
3.8 Analisis Data	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Hasil Penelitian	41
4.1.1 Data Hasil Pengukuran Pertumbuhan Benih Kacang Hijau	42
4.1.1.1 Data Pengukuran dan Analisis Tinggi Batang Kacang Hijau	42
4.1.1.2 Data Pengukuran dan Analisis Jumlah Daun Kacang Hijau	45
4.1.1.3 Data Pengukuran dan Analisis Jumlah Polong Kacang Hijau	47
4.1.2 Data Hasil Uji Metabolisme Kacang Hijau	49
4.1.2.1 Data Pengukuran dan Analisis Klorofil Daun Kacang Hijau.....	50
4.1.2.2 Data Pengukuran dan Analisis Fenolik Daun Kacang Hijau	54
4.1.2.3 Data Pengukuran dan Analisis Flavonoid Daun Kacang Hijau	58
4.1.2.4 Data Pengukuran dan Analisis Kandungan Antosianin Biji Kacang Hijau	62
4.1.2.5 Data Pengukuran dan Analisis Protein Biji Kacang Hijau.....	66
4.1.2.6 Data Pengukuran dan Analisis Glukosa Biji Kacang Hijau	70
4.2 Pembahasan.....	72
4.3 Kajian Hasil Penelitian Dalam Perspektif Islam.....	77
BAB V PENUTUP.....	80
5.1 Kesimpulan	80
5.2 Saran.....	80
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN.....	86

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Pengukuran dengan 0 menit (kontrol) terhadap lama pertumbuhan pada λ 632 nm	37
Tabel 3.2 Pengukuran dengan lama iradisi 2 menit terhadap lama pertumbuhan pada λ 632 nm.....	38
Tabel 3.3 Pengukuran dengan lama iradisi 5 menit terhadap lama pertumbuhan pada λ 632 nm.....	38
Tabel 3.4 Pengukuran dengan lama iradiasi 10 menit terhadap lama pertumbuhan pada λ 632 nm	39
Tabel 3.5 Pengukuran nilai metabolisme	39
Tabel 4.1 Data Pengukuran Pertumbuhan Rata-rata Tinggi Batang Kacang Hijau	42
Tabel 4.2 Hasil Uji One Way Anova Rata-rata Tinggi Batang Kacang Hijau	43
Tabel 4.3 Hasil Uji Tukey Pertumbuhan Rata-rata Tinggi Batang Kacang Hijau	44
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Rata-rata Jumlah Daun Kacang Hijau	45
Tabel 4.5 Hasil Uji One Way Anova Rata-rata Jumlah Daun Kacang Hijau	46
Tabel 4.6 Hasil Uji Tukey Rata-rata Jumlah Daun Kacang Hijau	46
Tabel 4.7 Data Hasil Pengukuran Pertumbuhan Rata-rata Jumlah Polong.....	48
Tabel 4.8 Hasil Uji One Way Anova Rata-rata Jumlah Polong Kacang Hijau.....	48
Tabel 4.9 Data Pengukuran Absorbansi Klorofil a dan Klorofil b	50
Tabel 4.10 Hasil Uji Anova terhadap Absorbansi Klorofil a Daun Kacang Hijau.....	50
Tabel 4.11 Hasil Uji Anova terhadap Absorbansi Klorofil b Daun Kacang Hijau.....	51
Tabel 4.12 Hasil Uji Tukey Rata-rata Absorbansi Klorofil b Daun Kacang Hijau	51
Tabel 4.13 Data Hasil Pengukuran Kadar Klorofil Daun Kacang Hijau	53
Tabel 4.14 Data Pengukuran Absorbansi Fenolik Daun Kacang Hijau.....	54
Tabel 4.15 Hasil Uji Anova Rata-rata Absorbansi Fenolik Daun Kacang Hijau.....	55
Tabel 4.16 Hasil Uji Tukey Rata-rata Absorbansi Fenolik Daun Kacang Hijau.....	55
Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Rata-rata Absorbansi dan Kadar Fenolik Total.....	57
Tabel 4.18 Data Pengukuran Absorbansi Flavonoid Daun Kacang Hijau.....	58
Tabel 4.19 Hasil Uji Anova Absorbansi Flavonoid Daun Kacang Hijau	58
Tabel 4.20 Hasil Uji Tukey Rata-rata Absorbansi Flavonoid Daun Kacang Hijau	59
Tabel 4.21 Data Perhitungan Rata-rata Absorbansi dan Kadar Flavonoid	61
Tabel 4.22 Data Pengukuran Absorbansi Kandungan Antosianin Biji Kacang Hijau	63
Tabel 4.23 Hasil Uji Anova Absorbansi Kandungan Antosianin Biji Kacang Hijau	63
Tabel 4.24 Hasil Uji Tukey Rata-rata Absorbansi Kandungan Antosianin Biji Kacang Hijau.....	63
Tabel 4.25 Hasil Perhitungan Rata-rata Absorbansi dan Kadar Kandungan Antosianin	65
Tabel 4.26 Data Pengukuran Absorbansi Protein Biji Kacang Hijau	66
Tabel 4.27 Hasil Uji Anova Absorbansi Protein Biji Kacang Hijau.....	67
Tabel 4.28 Hasil Uji Tukey Absorbansi Protein Biji Kacang Hijau	67

Tabel 4.29 Hasil Perhitungan Rata-rata Absorbansi dan Kadar Protein.....	69
Tabel 4.30 Data Pengukuran Absorbansi Glukosa Biji Kacang Hijau	70
Tabel 4.31 Hasil Uji Anova Absorbansi Glukosa Biji Kacang Hijau.....	70
Tabel 4.32 Data Hasil Perhitungan Kadar Glukosa	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Stuktur laser He-Ne (Hooker Simon, 2013).....	12
Gambar 2.2 Tingkatan-tingkatan energi dari laser He-Ne	13
Gambar 2.3 Batang dan daun kacang hijau.....	19
Gambar 2.4 Daun kacang hijau	20
Gambar 2.5 Buah atau polonh kacang hijau	20
Gambar 4.1 Grafik rata-rata tinggi batang tanaman kacang hijau.....	44
Gambar 4.2 Grafik Rata-rata Jumlah Daun Tanaman Kacang Hijau.....	47
Gambar 4.3 Grafik Rata-rata Jumlah Polong Kacang Hijau.....	49
Gambar 4.4 Grafik Hasil Uji Tukey Rata-rata absorbansi Klorofil b Daun Kacang Hijau.....	52
Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengukuran Kadar Klorofil a, b dan Klorofil Total	53
Gambar 4.6 Grafik Hasil Uji Tukey Rata-rata Absorbansi Fenolik Daun Kacang Hijau	56
Gambar 4.7 Grafik Hasil Perhitungan Kadar Fenolik Total	57
Gambar 4.8 Grafik Hasil Uji Tukey Rata-rata Absorbansi Flavonoid Daun Kacang Hijau.....	60
Gambar 4.9 Grafik Hasil Perhitungan Kadar Flavonoid.....	62
Gambar 4.10 Grafik Hasil Uji Tukey Rata-rata Absorbansi Kandungan Antosianin Biji Kacang Hijau	64
Gambar 4.11 Grafik Hasil Perhitungan Kadar Antosianin Daun Kacang Hijau...	66
Gambar 4.12 Grafik Hasil Uji Tukey Rata-rata Absorbansi Protein Biji Kacang Hijau	67
Gambar 4.13 Grafik Rata-rata Absorbansi Kadar protein Biji Kacang Hijau	69
Gambar 4.14 Grafik Hasil Perhitungan Kadar Glukosa Biji Kacang Hijau	71

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. Dokumentasi Bukti Penelitian.....	86
LAMPIRAN 2. Hasil Uji Tukey Menggunakan SPSS	93
LAMPIRAN 3. Perhitungan Kadar Metabolisme	95

ABSTRAK

Harahap, Gita Nubuwah. 2022. **Pengaruh Iradiasi Laser Helium Neon (He-Ne) terhadap Peningkatan Metabolisme Kacang Hijau (*Vigna Radiata L*)**. Skripsi. Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Wiwis Sasmitaninghidayah, M.Si (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd.

Kata Kunci : Laser Helium Neon, Kacang Hijau (*Vigna Radiata L*), Metabolisme.

Kacang hijau adalah tanaman kacang-kacangan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Sinar laser intensitas rendah digunakan untuk biostimulasi terhadap proses fisiologi dan biokimia dalam benih kacang hijau. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh iradiasi laser Helium-Neon (He-Ne) terhadap pertumbuhan benih dan peningkatan metabolisme (klorofil, fenolik, flavonoid terhadap daun dan protein, antosianin, glukosa terhadap biji) kacang hijau (*Vigna Radiata L*). Variasi waktu paparan iradiasi laser He-Ne yaitu 0 menit (kontrol), 2 menit, 5 menit dan 10 menit dengan panjang gelombang 632 nm. Hasil penelitian ini menunjukkan rata-rata tinggi batang, jumlah daun dan jumlah polong kacang hijau mengalami peningkatan dengan waktu paparan laser 2 menit dan semakin menurun pada waktu 5, 10 menit. Uji metabolisme menggunakan spektrofotometer untuk mengetahui nilai absorbansinya. Semua uji metabolisme mengalami peningkatan pada perlakuan 2 menit yaitu; kandungan klorofil total sebesar 75,83%, Kadar fenolik total sebesar 21,72%, Kadar flavonoid sebesar 11,11%, kandungan antosianin sebesar 27,16%, kadar protein sebesar 4,95%. Namun, kadar glukosa mengalami penurunan sebesar 3,53% dari 3,69% pada perlakuan kontrol. Kesimpulannya waktu paparan iradiasi laser He-Ne yang paling efektif untuk peningkatan pertumbuhan benih dan presentase kadar metabolisme yaitu pada paparan waktu 2 menit.

ABSTRACT

Harahap, Gita Nubuwwah. 2022. **Effect of Helium Neon (He-Ne) Laser Irradiation on Increasing the Metabolism of Mung Beans (*Vigna Radiata L.*)**. Essay. Physics Study Program, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Supervisor: (I) Wiwis Sasmitaninghidayah, M.Si (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd.

Keywords: Helium-Neon laser, Mung bean, Metabolism.

Mung beans are a legume plant that is widely consumed by the people of Indonesia. Low-intensity laser beams are used for bio-stimulation of physiological and biochemical processes in mung bean seeds. The purpose of this study was to determine the effect of Helium-Neon (He-Ne) laser irradiation on seed growth and increased metabolism (chlorophyll, phenolic, flavonoids on leaves and proteins, anthocyanins, glucose on seeds) green beans (*Vigna Radiata L.*). The variations in he-ne laser irradiation exposure time are 0 minutes (control), 2 minutes, 5 minutes and 10 minutes with a wavelength of 632 nm. The results of this study showed that the average height of the stems, the number of leaves and the number of green bean pods increased with a laser exposure time of 2 minutes and decreased further at a time of 5.10 minutes. Metabolic tests use a spectrophotometer to determine the absorbance value. All metabolic tests have increased at 2-minute treatment, namely; total chlorophyll content of 75.83%, total phenolic content of 21.72%, Flavonoid content of 11.11%, anthocyanin content of 27.16%, protein content of 4.95%. However, glucose levels decreased by 3.53% from 3.69% in the control treatment. In conclusion, the time of exposure to He-Ne laser irradiation is the most effective for increasing seed growth and metabolic rate percentage, namely at exposure time of 2 minutes.

ملخص

هاراهف، غيتا نبوه. 2022. تأثير تشعيع ليزر هيليوم نيون (He-Ne) على زيادة التمثيل الغذائي
فاصوليا الخضراء (*Vigna Radiata L*). مقال. قسم الفيزياء. كلية العلوم التكنولوجية، مولانا
مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: (I) الماجستير ويوبيس ساسميتانينغ هداياه، (II)
الماجستير أحمد أبطاخي.

الكلمات الرئيسية: ليزر هيليوم نيون، فاصوليا خضراء، التمثيل الغذائي

الفاصوليا الخضراء هي نبات البقوليات الذي يستهلكه شعب إندونيسيا على نطاق واسع. تستخدم أشعة الليزر منخفضة الكثافة لتحفيز الحيوي للعمليات الفسيولوجية والكيميائية الحيوية في بذور الفاصوليا المونج. كان الغرض من هذه الدراسة هو تحديد تأثير تشعيع ليزر الهيليوم-نيون (He-Ne) على نمو البذور وزيادة التمثيل الغذائي (الكلوروفيل ، الفينوليك ، الفلافونويد على الأوراق والبروتينات ، الأنثوسيانين ، الجلوكوز على البذور) الفاصوليا الخضراء (*Vigna Radiata L*). الاختلافات في وقت التعرض للإشعاع بالليزر هي 0 دقيقة (التحكم) ، 2 دقيقة ، 5 دقائق و 10 دقائق بطول موجي يبلغ 632 نانومتر. أظهرت نتائج هذه الدراسة أن متوسط ارتفاع السيقان وعدد الأوراق وعدد قرون الفاصوليا الخضراء زاد مع وقت التعرض لليزر لمدة دقيقتين وانخفض أكثر في وقت 5.10 دقيقة. تستخدم اختبارات التمثيل الغذائي مقياس الطيف الضوئي لتحديد قيمة الامتصاص. زادت جميع اختبارات التمثيل الغذائي في علاج 2 دقيقة ، وهي ؛ إجمالي محتوى الكلوروفيل 75.83% ، إجمالي محتوى الفينول 21.72% ، محتوى الفلافونويد 11.11% ، محتوى الأنثوسيانين 27.16% ، محتوى البروتين 4.95%. ومع ذلك ، انخفضت مستويات الجلوكوز بنسبة 3.53% من 3.69% في العلاج الضابط. في الختام ، فإن وقت التعرض لتشعيع الليزر He-Ne هو الأكثر فعالية لزيادة نمو البذور ونسبة معدل الأيض ، أي في وقت التعرض لمدة 2 دقيقة.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kacang hijau adalah salah satu komoditas tumbuhan kacang-kacangan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Kacang hijau ialah jenis tanaman budidaya dan palawijaya yg dikenal luas didaerah tropika, tumbuhan kacang hijau berbatang tegak dengan ketinggian sangat bervariasi (Akbar, 2019). Dibandingkan menggunakan tumbuhan kacang-kacangan lainnya. Kacang hijau memiliki kelebihan yg ditinjau berasal segi agronomi juga irit, mirip lebih tahan kekeringan, serangan hama penyakit lebih sedikit, dapat dipanen pada umur 55-60 hari, bisa ditanam di tanah yang kurang subur serta cara budidanya yg praktis. Seperti dijelaskan di dalam Al-Quran Abasa ayat 24-32:

فَلْيَنْظُرِ الْإِنْسَانُ إِلَى طَعَامِهِ (٢٤) أَنَا صَبَبْنَا الْمَاءَ صَبًّا (٢٥) ثُمَّ شَقَقْنَا الْأَرْضَ شَقًّا (٢٦) فَأَنْبَتْنَا فِيهَا حَبًّا (٢٧) وَعِنَبًا وَقَضْبًا (٢٨) وَزَيْتُونًا وَنَخْلًا (٢٩) وَحَدَائِقَ غُلْبًا (٣٠) وَفَاكِهَةً وَأَبًّا (٣١) مَتَاعًا لَكُمْ وَلِأَنْعَامِكُمْ (٣٢)

Artinya; “Maka hendaklah manusia itu memperhatikan makanannya. Sesungguhnya kami benar-benar telah mencurahkan air (dari langit). Kemudian kami belah bumi dengan sebaik-baiknya, lalu kami tumbuhkan biji-bijian di bumi itu, anggur dan sayur-sayuran, zaitun dan kurma, kebun-kebun yang lebat, dan buah-buahan serta rumput-rumputan, untuk kesenanganmu dan binatang-binatang ternakmu.”

Penjelasan ayat diatas menurut tafsir Quraish Shihab adalah hendaknya manusia merenungkan, bagaimana kami mengatur dan menyediakan makanan yang mereka butuhkan. Kami telah mencurahkan hujan dari langit seadanya. Kami telah menjadikan bumi mereka dengan tumbuh-tumbuhan. (Lalu kami tumbuhkan biji-bijian di bumi itu) seperti biji gandum dan biji jawawut. Anggur dan tumbuhan yang dimakan dalam keadaan segar. Buah zaitun yang

berkualitas baik dan pohon kurma yang produktif dan menghasilkan buah, serta kebun-kebun yang lebat, buah-buahan yang dimakan oleh manusia dan rerumputan yang menjadi santapan binatang ternak, dan kami hidupkan tumbuhan itu demi kesenangan kalian dan binatang kalian (Naila, 2020).

Menurut Badan Pusat Statistik (2019) produksi kacang hijau di Indonesia tahun 2017 sebesar 241.334 ton, pada tahun 2018 terjadi penurunan produksi kacang hijau menjadi 234.718 ton. Sedangkan kebutuhan kacang hijau nasional mencapai 304.000 ton dan kebutuhan kacang hijau tidak hanya datang dari kebutuhan rumah tangga, tetapi konsumsi yang tinggi dari sector industry sebagai bahan baku makanan dan minuman, pada tahun 2018 tumbuh 7,91% atau diatas pertumbuhan ekonomi nasional sebesar 5,7 %. Indonesia masih memerlukan import untuk memenuhi kebutuhan kacang hijau yang terus meningkat dengan bertambahnya jumlah penduduk (BPS, 2019).

Permintaan kebutuhan kacang hijau pada tahun 2020 dan 2021 baik dalam negeri maupun ekspor ke Negara lain semakin meningkat, menurut P3BTP produksi kacang hijau meningkat 12,32% dari tahun sebelumnya. Namun kenyataannya di lapangan produksi benih masih rendah dan membutuhkan teknologi yang baik untuk meningkatkan produksi benih, agar produksi dan atau permintaan dari luar negeri yang semakin meningkat seimbang (Mekraf, 2021).

Sejak demonstrasi pertama, aksi laser pada tahun 1960 oleh Theodore H Maiman, laser sudah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi ilmiah, militer dan industri. Di bidang pertanian laser diterapkan sebagai biostimulator karena metode biofisik tidak mengubah jalannya proses fisiologis yang dikendalikan oleh sistem genetik. Sinar laser intensitas rendah digunakan untuk bio-stimulasi untuk

benih seperti jagung dan kacang polong yang dapat meningkatkan presentase perkecambahan, berat dan hasil. Dibandingkan metode lain untuk perawatan benih, metode laser bermanfaat dan lebih efektif, bahkan dapat mengurangi bahaya kontaminasi tanah dan air (Janayon & Guerrero, 2019).

Pada efek stimulasi iradiasi laser berasal dari interaksi antara cahaya terpolarisasi dan sensor photore tanaman. Fotoreseptor yang ada pada tumbuhan termasuk phytochromes untuk merasakan cahaya merah atau merah jauh, UV-B. dimana fotoreseptor ini menyerap cahaya dengan sifat penyerapan spesifiknya yang cocok dengan spektrum insiden radiasi (Ganesan & Xu, 2018). Metode penyinaran sinar laser aman untuk lingkungan, dan efek yang diterima tanaman yaitu; memodifikasi proses fisiologi dan biokimia dalam benih, sekaligus meningkatkan nilai gizinya. Penyinaran benih dengan sinar laser dapat meningkatkan kualitas bahan tanam (Krawiec et al., 2016).

Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Astried dkk., (2018) tentang keefektifan spectrum cahaya terhadap pertumbuhan tanaman kacang hijau (*vigna radiate L*) dimana media yang digunakan adalah kapas yang telah diberi air lalu disimpan pada kardus yang sisi-sisinya telah dilapisi plastik mika dengan warna sejenis lalu di diletakkan pada tempat yang terang. Rancangan yang digunakan acak dengan pemberian perlakuan empat warna yaitu, merah, biru, hijau dan ungu dilakukan selama 4 hari. Namun hasil dari penelitian tersebut bahwa spectrum cahaya yang paling efektif bagi pertumbuhan kacang hijau hanya spectrum warna merah dari 4 warna lainnya (Naomi et al., 2018).

Pengaruh penyinaran gelombang elektromagnetik terhadap pertumbuhan kacang hijau (*vigna radiate*) telah dilakukan oleh Made Gita (2018). Penelitian ini

pengamatan langsung pada pertumbuhan batang kacang hijau, dimana penyinaran terhadap pertumbuhan batang kacang hijau dibagi menjadi 3 jenis yaitu dengan menggunakan sinar matahari, sinar senter handphone, dan tanpa cahaya. Dan hasilnya menunjukkan bahwa pertumbuhan batang kacang hijau yang disinari senter handphone lebih tinggi dibandingkan yang disinari sinar matahari, tetapi batang kacang hijau yang disinari sinar senter handphone lebih pucat dan mudah goyah dibandingkan dengan batang kacang hijau yang disinari matahari yang terlihat segar dan kokoh. Dan kacang hijau yang tidak diberikan penyinaran apapun, hanya tumbuh sedikit tunas dan tidak mengalami pertumbuhan (Somaningsih, 2018).

Ms Alsahhi dkk, (2018) efek dari iradiasi laser He-Ne dan laser argon pada pertumbuhan, perkecambahan dan karakteristik fisiko-biokimia biji gandum (*triticumaestivum L*), dimana dalam karakteristik pertumbuhan dipantau dan dipelajari dengan memperhatikan panjang serat berat dan kering tunas dan akar. Kemudian, kandungan pigmen tanaman seperti klorofil a, klorofil b, dan karotenoid berubah secara signifikan. Perubahan signifikan tersebut menyebabkan peningkatan pertumbuhan dan perkecambahan dibandingkan dengan biji gandum yang tidak terpapar atau terkontrol. Hasil percobaan menunjukkan bahwa laser yang berbeda yaitu laser He-Ne dan laser Argon dengan daya rendah secara signifikan meningkatkan pertumbuhan dan perkecambahan biji gandum dengan secara positif mempengaruhi karakteristik fisiologis dan biokimia (*Triticumaestivum et al.*, 2019).

Pada penelitian yang telah dilakukan Rayno Vic B dkk. (2019) iradiasi laser pada kacang hijau (*vigna radiate L*) dengan dua panjang gelombang untuk

pengembangan bibit yang ditingkatkan. Laser yang digunakan yaitu 2 sumber laser dengan panjang gelombang 632,8 nm (He-Ne) dan 488 nm (Ar⁺) digunakan untuk efek keterpaparan gelombang koheren, daya rendah, dan kontinu pada pertumbuhan kacang hijau. Dan parameter yang diukur antara bibit dari benih yang diiradiasi laser dan dari sampel kontrol yang berbeda secara statistik pada tingkat signifikan sebesar 0.05. Hasilnya paparan iradiasi dengan dua panjang gelombang dan waktu paparan 2 menit pada benih meningkatkan kecambah kacang hijau, dimana nilai panjang hipokotil (meningkat hingga 22,5%), panjang akar (meningkat hingga 28,8%), dan massa kecambah (meningkat maksimum 29,2%) (Janayon & Guerrero, 2019).

Saqib Mahmud dkk, (2021) melakukan penelitian perawatan benih laser He-Ne meningkatkan nutraceutical metabolic pool bunga matahari dan memberikan toleransi lebih baik terhadap devisit air. Hasilnya menunjukkan benih dengan paparan laser He-Ne selama 2 menit memiliki kinerja terbaik dalam hal luas daun; nomor daun; biomassa daun; klorofilA, A+B dan A/B; persen hasil minyak; berat 50-achene; berat achene per tanaman; kandungan karotenoid; dan kandungan total senyawa fenolik terlarut. Setelah itu, daun dari tingkat perlakuan terbaik (2 menit) menjadi sasaran profiling fenolik berbasis kromatografi cair kinerja tinggi dan profil asam lemak berbasis kromatografi gas dari hasil minyak. Perawatan laser He-Ne menyebabkan akumulasi senyawa fenolik nutraceutical dan meningkatkan rasio asam lemak tak jenuh-ke-jenuh minyak. Kesimpulannya, perawatan benih laser He-Ne 2 menit bisa menjadi strategi terbaik untuk meningkatkan hasil dan nilai gizi bunga matahari yang ditanam di daerah terbatas air (Mahmood et al., 2021).

Hal yang sering terjadi dalam pengembangan kacang hijau yaitu rendahnya produksi dan produktivitas yang dicapai oleh para petani. Salah satu penyebabnya yaitu penggunaan benih kacang hijau masih rendah, hal yang perlu diperhatikan salah satu faktor utamanya yaitu perlu penggunaan benih yang bermutu. Maka dibutuhkan metode pengujian pada benih kacang hijau, salah satu metode yang digunakan yaitu iradiasi laser pada benih kacang hijau untuk mendapatkan benih yang memiliki mutu genetic, mutu fisiologis, dan mutu fisik yang baik. Metabolisme tanaman primer dan sekunder merespon variasi dalam spectrum cahaya yang diterapkan. Respon tersebut adalah spesies dan dosis spesifik. Setelah dilakukan paparan terhadap benih, maka diketahui informasi nilai pengaruhnya terhadap metabolisme kacang hijau, dimana iradiasi laser masih dianggap aman bagi lingkungan dan hemat biaya, bahkan dapat mengurangi bahaya pencemaran tanah dan air (Janayon & Guerrero, 2019).

Mengingat peran vital spectrum cahaya perkembangan tanaman, iradiasi laser digunakan sebagai perawatan benih pra-tabur yang sukses. Perawatan laser He-Ne terhadap benih memberikan cahaya merah pada benih untuk dapat memanipulasi jalur metabolisme tertentu. Benih yang dirawat menunjukkan kekuatan mekanik yang lebih baik dengan hasil yang positif. Maka pada penelitian ini dilakukan pengujian Pengaruh Irradiasi Laser He-Ne terhadap Peningkatan Metabolisme pada Kacang Hijau (*Vigna Radiata L*).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh iradiasi laser He-Ne (632 nm) terhadap pertumbuhan benih kacang hijau (*vigna radiate L*).

2. Bagaimana pengaruh iradiasi laser He-Ne terhadap peningkatan metabolisme (Klorofil, Fenolik, Flavonoid, Protein, Glukosa dan Kandungan Antosianin) kacang hijau (*vigna radiate L*).

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini diantara lain adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh iradiasi laser He-Ne terhadap pertumbuhan benih kacang hijau (*Vigna radiate L*).
2. Untuk mengetahui pengaruh iradiasi laser He-Ne terhadap peningkatan metabolisme (Klorofil, Fenolik, Flavonoid, Protein, Glukosa dan Kandungan Antosianin) kacang hijau (*vigna radiate L*).

1.4 Batasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini dilakukan agar permasalahan lebih terkonsentrasi dengan baik. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Waktu paparan yang dipakai 0 menit (kontrol), 2 menit, 5 menit dan 10 menit.
2. Parameter pengukuran pertumbuhan hanya pada tinggi batang, jumlah daun dan polong.
3. Pengukuran pertumbuhan kacang hijau dilakukan 7 hari sekali selama 49 hari.
4. Uji metabolisme dilakukan setelah 49 hari terhadap daun (Pigmen fotosintesis/Klorofil, Fenolik, Flavonoid) dan setelah panen terhadap biji (Protein, Glukosa, Kandungan Antosianin).

5. Dosis radiasi atau energi density penyinaran laser Helium-Neon yaitu; 5×10^{-4} J (2 menit), $1,25 \times 10^{-3}$ J (5 menit) dan $2,5 \times 10^{-3}$ J (10 menit).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukanya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi masyarakat adalah mengetahui manfaat penyinaran laser terhadap benih kacang hijau (*vigna radiate L*) yang dapat meningkatkan mutu benih dalam produktivitas dan kandungan metabolisme yang baik dalam kacang hijau.
2. Bagi Mahasiswa adalah dapat dijadikan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya, terutama yang berkaitan dengan iradiasi laser terhadap tanaman dan lain-lain.
3. Bagi penulis adalah dapat menambah wawasan dan pengetahuan tentang iradiasi laser He-Ne terhadap peningkatkan metabolisme kacang hijau (*vigna radiate L*).

BAB II DASAR TEORI

2.1 Laser

Laser merupakan singkatan dari *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, yaitu terjadi proses penguatan cahaya oleh emisi radiasi yang terstimulasi. Laser adalah cahaya yang diperkuat dengan merangsang radiasi yang terjadi pada suatu objek sumber cahaya. Cahaya yang dihasilkan akan terlihat berulang dalam keadaan akan diberikan dalam bentuk sinar yang diarahkan ke objek. Sifat yang terjadi akibat kesamaan frekuensi yaitu monokromatis dan sifat yang terjadi akibat kesamaan fase yaitu koherensi. Maka terbentuknya laser adalah sumber cahaya yang monokromatis dan koherensi (Kurniawan, 2019).

Menurut beberapa ahli, sifat-sifat laser ialah sebagai berikut (Kurniawan, 2019):

- a. Koheren; Bagian lain dari laser saling berhubungan dalam fase yang sama. Hubungan ini terjadi karena satu fase saling memperkuat di fase lain, jadi efek penguat memungkinkan penggunaan teknologi hologram.
- b. Monokromatik; Sinar laser terdiri dari panjang gelombang konstan yang dipancarkan oleh emisi atom pada tingkat energi yang sama atau frekuensi yang sama.
- c. Intensitas atau brightness; Berkas laser memiliki intensitas sangat tinggi, jauh lebih besar dari cahaya sumber lainnya.
- d. Kesearahan; Berkas laser hampir tidak menyebar (mempunyai satu arah tentu).

Munculnya laser diprediksi untuk kemajuan mekanika kuantum. Pada tahun 1917, Albert Einstein mendalilkan efek dari peristiwa radiasi yang memancarkan untuk menjelaskan kesetimbangan termal dari gas yang menyerap dan

memancarkan radiasi. Menurutnya, ada 3 proses yang terlibat dalam keseimbangan, yaitu: penyerapan, emisi cepat (fluoresensi) dan emisi terstimulasi, yang berarti emisi laser. Proses kedua ini sering diabaikan oleh orang lain, karena dalam keadaan normal penyerapan intens dan emisi dominan. Sebuah atom dalam keadaan dasar dapat dibawa ke keadaan energi yang lebih tinggi oleh tumbukan elektron atau foton. Setelah periode keadaan tereksitasi, secara acak kembali ke keadaan energi rendah, tidak harus ke keadaan dasar semula. Proses acak yang dikenal sebagai fluoresensi ini berlangsung selama interval waktu tertentu yang disebut usia rata-rata, yang panjangnya tergantung pada keadaan dan jenis atom (Ni'mah, 2017).

Prinsip kerja laser adalah dengan cara memompa laser. Pemompaan laser adalah proses dimana atom-atom naik dari tingkat bawah ke tingkat atas. Pemompaan disini dimaksudkan untuk mencapai pembalikan populasi (populasi inversi). Proses pemompaan dapat dicapai melalui beberapa cara misalnya dengan rangsangan sumber cahaya yang kuat (pemompaan optik), rangsangan dengan kejutan elektron (pemompaan listrik), rangsangan dengan bahan kimia (pemompaan kimia) dan lainnya (Huda et al, 2019).

Pada dasarnya ada tiga macam bentuk interaksi yang terjadi antara cahaya dengan materi yaitu sebagai berikut:

1. Absorpsi

Absorpsi adalah proses tereksitasinya elektron dari tingkatan energi E_1 ke E_2 akibat penyerapan foton dengan energi $h\nu > (E_2 - E_1)$, dimana h adalah konstanta Planck $6,626 \times 10^{-34}$ J.S, ν adalah frekuensi (hertz) dan N_i adalah jumlah

molekul/atom persatuan volume yang menduduki tingkat energi ke-I pada waktu t (populasi level-i).

2. Emisi Spontan

Emisi spontan adalah proses meluruhnya elektron yang tereksitas di tingkatan energi E_2 ke tingkatan energi E_1 . Karena $E_2 > E_1$, maka proses peluruhan akan melepaskan energi yang berupa:

- Emisi radiatif (memancarkan foton dengan energi = $E_2 - E_1$)
- Emisi non-radiatif (tidak memancarkan foton).

3. Emisi Terstimulasi

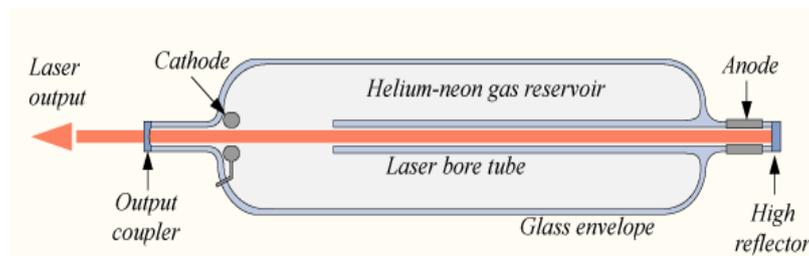
Emisi terstimulasi adalah proses yang melibatkan elektron-elektron yang sudah di E_2 distimulasi/dirangsang oleh foton yang datang untuk meluruh ke E_1 , sehingga akan memperkuat energi cahaya yang datang (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*)(Amplification & Emission, n.d.).

Semua laser terdiri dari tiga komponen: pertama, yaitu sumber pompa mengarahkan energi eksternal ke dalam laser. Kedua media aktif laser terletak di dalam laser. Tergantung pada desainnya, media laser dapat terdiri dari campuran gas (laser CO₂), badan kristal (laser YAG) atau serat kaca (laser serat). Ketika energi dimasukkan ke dalam media laser oleh pompa, ia memancarkan energi dalam bentuk radiasi. Ketiga resonator, media laser aktif terletak di antara dua cermin, "resonator". Salah satu cermin ini adalah satu arah. Media aktif radiasi laser diperkuat oleh resonator. Pada saat yang sama, hanya sedikit radiasi yang dapat meninggalkan resonator melalui cermin satu sisi. Sinar radiasi ini adalah radiasi laser (Huda et al, 2019).

2.1.1 Laser Helium-Neon (He-Ne)

Laser Helium-Neon termasuk dalam laser gas. Rangsangan yang digunakan dalam pemompaan laser gas adalah kejutan elektron (rangsangan beda potensial). Laser Helium-Neon terdiri atas kira-kira 10:1 campuran dari Helium-Neon yang ditempatkan di dalam pipa keluaran yang panjang dan sempit pada tekanan sekitar 1 torr (~ 1 mm raksa). Dalam laser Helium-Neon yang berfungsi sebagai medium aktif adalah Neon, karena pada medium ini terjadi transisi laser, sedangkan Helium berfungsi sebagai kontributor ion ke medium aktif laser (Neon) (Savira et al., 2017).

Campuran gas ini adalah medium lasing yang membuat inversi populasi. Sistem gas tertutup diantara susunan cermin yang membentuk seperti resonator. Pemompaan diperoleh dari arus keluaran yang dihasilkan dari tegangan tinggi (~ 1 -2 kV). Tiga elemen penting dari laser Helium-Neon adalah pemompa, medium laser dan resonator. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam skema gambar 2.1.

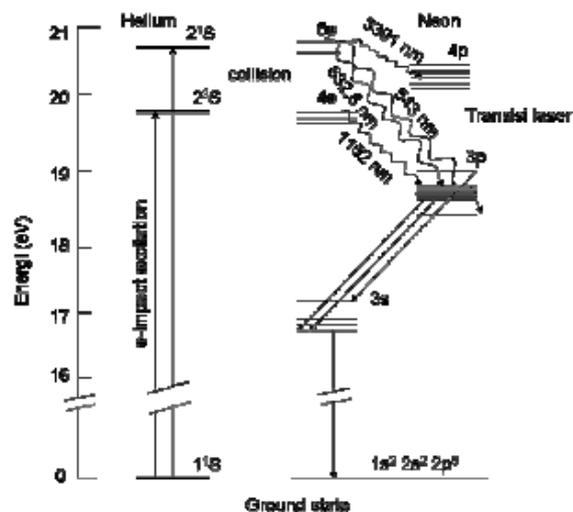


Gambar 2.1 Struktur laser He-Ne (Hooker Simon, 2013)

Laser Helium-Neon adalah laser kontinu pertama yang ditemukan oleh Javan et. Al. pada tahun 1961 (Dziwulska-Hunek et al., 2009). Neon digunakan dalam laser untuk menghasilkan cahaya karena mampu menghasilkan cahaya ketika mendapat energi dari eksitasi helium. Laser helium neon terdiri dari 90% helium dan 10 % atom neon didalamnya (Hassan Alsheikh Abd Alraheim, 2018).

Laser helium-neon atau He-Ne merupakan laser gas mulia yang sangat penting, laser ini diperoleh dari transisi atom neon, dimana helium ditambahkan ke dalam campuran gas untuk memfasilitas proses puming. Media penguatan dalam laser Helium Neon (HeNe) terdiri dari campuran dua gas; Helium dan Neon (Hayden et al., 2016).

Siklus laser He-Ne pada garis merah yang umum beresilasi pada beberapa panjang gelombang, yang paling sering digunakan yaitu $\lambda = 633 \text{ nm}$ (merah). Panjang gelombang lain adalah hijau $\lambda = 543 \text{ nm}$, inframerah $\lambda = 1150 \text{ nm}$ dan 3390 nm . Laser HeNe beresilasi pada $\lambda = 1150 \text{ nm}$ merupakan gas kontinu (cw) pertama yang dibuat. Pada gambar 2 menunjukkan tingkatan energi sistem He-Ne untuk proses lasing. Notasi S merupakan kopling Russel-Saunders, dimana keadaan 1^1S adalah keadaan dimana kedua elektron He berada dalam keadaan $1s$ dengan spin berlawanan. Sedangkan keadaan 2^3S dan 2^1S berkaitan dengan satu atau dua elektron tereksitasi ke keadaan $2s$ dimana spin-nya dalam keadaan searah dan berlawanan arah (Hayden et al, 2016).



Gambar 2.2 Tingkatan-tingkatan energi dari laser He-Ne

Gambar diatas menunjukkan bahwa tingkatan-tingkatan He, 2^3S dan 2^1S hampir resonan dengan keadaan $4s$ dan $5s$ atom Ne. Karena tingkatan-tingkatan 2^3S dan 2^1S adalah metastabil (transisi $S \rightarrow S$ adalah terlarang secara dipol listrik dan transisi $2^3S \rightarrow 2^1S$ juga terlarang secara spin), maka atom-atom He memberikan pumping yang sangat efisien pada atom $4s$ dan $5s$ atom Ne melalui transfer energi resonan. Aksi lasing terjadi pada peluruhan dari keadaan $5s$ ke $4p$ (3390 nm), $5s$ ke $3p$ (543 nm dan 632.8 nm) dan transisi dari $4s$ ke $3p$ (1152 nm). Salah satu karakteristik penting dari laser He:Ne adalah daya output tidak meningkat secara monoton dengan arus discharge, tetapi mencapai maksimum dan kemudian berkurang (Hayden et al, 2016).

2.2 Radiasi

Radiasi adalah perpindahan panas dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Dari semua radiasi energi matahari dipancarkan oleh matahari, tetapi sekitar 7% diserap oleh tanaman. Sisanya dipantulkan kembali ke atmosfer melalui penguapan, refleksi, dan sebagainya (Wayan, 2017).

Radiasi merupakan setiap proses dimana energi bergerak tanpa melalui media atau melalui ruang dan berakhir diserap oleh benda lain. Radiasi adalah energi yang dilepaskan baik dalam bentuk gelombang maupun partikel. Radiasi elektromagnetik terdiri dari medan listrik dan magnet yang berubah-ubah. Misalnya terdapat pada frekuensi radio, radiasi infra merah, sinar yang tampak, ultraviolet, sinar-X, dan radiasi gamma, yang tersebar baik diruangan bebas maupun benda. Dan bila di susun menurut frekuensi dan panjang gelombangnya berkisar antara 100 nm dan 1 mm (*157336-ID-Radiasi-Optik.Pdf*, n.d.).

Iradiasi adalah suatu proses ketika suatu objek terpapar oleh radiasi. Radiasi tersebut dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk sumber alami. Biasanya istilah ini merujuk pada radiasi pengion dan tingkatan radiasi yang memenuhi kebutuhan tertentu (dan bukan radiasi dalam tingkatan normal seperti radiasi alam). Istilah iradiasi biasanya tidak meliputi radiasi non-pengion, seperti inframerah, cahaya tampak, gelombang mikro dari telepon seluler atau gelombang elektromagnetik yang dikeluarkan oleh penerima radio dan TV. Iradiasi dapat diterapkan dalam berbagai bidang, seperti sterilisasi, kedokteran, uji tak rusak, kimia industri, keamanan, pertanian, dan pangan.

Sumber eksposer atau paparan radiasi optik diantara lain sebagai berikut:

1. Sinar matahari (penyinaran alami);
2. Lampu;
3. Laser ; dan
4. Sumber lain yang memancarkan sinar (panas).

Radiasi memiliki dua sifat yang khas, yaitu tidak dapat dirasakan secara langsung oleh panca indra manusia dan beberapa jenis radiasi dapat menembus berbagai jenis bahan. Pada saat melewati suatu bahan, radiasi pengion dapat mengalami proses ionisasi dan/atau proses eksitasi yang dapat menimbulkan efek foto listrik, hamburan Compton, juga efek produksi pasangan (Rosyida, 2016).

2.2.1 Dosis Radiasi

Dosis radiasi adalah jumlah radiasi yang terdapat dalam medan radiasi atau jumlah energi radiasi yang diserap atau diterima oleh materi yang dilaluinya, sedangkan nilai batas dosis adalah dosis terbesar yang diizinkan oleh BAPETEN. Untuk area publik yang terdapat masyarakat umum nilai batas dosis yang

diperkenankan oleh BAPETEN adalah sebesar 5 mSv/tahun (Badan & Tenaga, 2013).

Dosis efektif adalah besaran dosis yang khusus digunakan dalam proteksi radiasi untuk mencerminkan risiko terkait dosis, nilainya adalah jumlah perkalian dosis ekuivalen yang diterima jaringan dengan faktor bobot jaringan. Dosis Ekuivalen (H) adalah dosis serap yang sama, tetapi berasal dari jenis radiasi yang berbeda dan memberikan efek berbeda pada sistem tubuh. Dosis ekuivalen biasa disebut dosis Hp (10). Besar dosis ekuivalen lebih banyak digunakan untuk menghitung perbedaan efek biologis terhadap berbagai jenis paparan. Pada tanaman Dosis yang tinggi dapat menyebabkan kematian, sedangkan dosis yang rendah dapat menyebabkan perubahan fenotipe yang bersifat baik (Astuti, 2019).

Dosis serapan radiasi adalah sejumlah energi radiasi yang diserap oleh suatu materi. Dosis radiasi menggambarkan tingkat perubahan dan kerusakan yang dapat ditimbulkan oleh radiasi terhadap materi yang dikenainya. Nilai dosis tersebut sangat ditentukan oleh kuantitas radiasi, dan jenis bahan penyerap. Energi radiasi merupakan kekuatan dari setiap radiasi yang dipancarkan oleh sumber radiasinya. Bila sumber radiasinya berupa radionuklida maka tingkat atau nilai energi radiasi yang dipancarkan tergantung pada jenis radionuklida (Banafanu et al., 2018).

Perhitungan dosis radiasi laser menggunakan persamaan sebagai berikut (Yoga, 2014):

$$\text{Power density } \left(\frac{W}{cm^2} \right) = \frac{\text{Power (W)}}{\text{Area of irradiation (cm}^2\text{)}} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$\text{Energy density } \left(\frac{J}{cm^2} \right) = \frac{\text{Power (W)} \times \text{time (s)}}{\text{Area of irradiation (cm}^2\text{)}} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

Power : jumlah energi yang keluar dari probe

Power Density: jumlah energi yang diberikan dibawah sinar dari probe

Energi Density: jumlah energi sebenarnya (dosis) yang diberikan pada tingkat probe laser

2.3 Kacang Hijau

Kacang hijau (*vigna radiate L*) merupakan tanaman kacang-kacangan ke-3 yang banyak dibudidayakan setelah tanaman kedelai dan kacang tanah. Tanaman kacang hijau termasuk keluarga atau suku leguminosae yang memiliki varietas yang banyak. Tanaman ini juga disebut *mung bean*, *green gram*, atau *golden gram*. Klasifikasi ilmiah tanaman kacang hijau (*vigna radiate L*) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Division : Spermatophyta
 Subdivision : Angiospermae
 Classis : Dicotyledonae
 Ordo : Leguminales
 Familia : Laguminosae
 Genus : Vigna
 Species : *Vigna radiate L*

Kacang hijau (*Vigna radiate L*) merupakan salah satu tanaman yang cukup penting di Indonesia, posisinya menduduki tempat ketiga setelah kacang kedelai dan kacang tanah. Kacang hijau merupakan tanaman berbatang basah yang tumbuh pendek (Akbar, 2019).

Kacang hijau merupakan merupakan tanaman tahunan yang bercabang banyak dan tingginya sekitar 60-76 cm dengan sedikit kecenderungan di cabang atas (mohan). Kacang hijau dapat tumbuh hingga ketinggian 90 cm di iklim hangat hingga 35°. Tanaman ini berumur pendek (75-90 hari) dan memiliki daya adaptasi yang lebih luas dan tumbuh secara ekstensif di semua jenis tanah. Tumbuh sangat baik di bawah kondisi kering dan semi-kering yang paling buruk (Ganesan & Xu, 2018).

Kacang hijau termasuk dalam genus *Vigna*, yang mencakup sekitar 150 spesies, 22 spesies adalah asli ke India dan 16 ke Asia Tenggara. Namun, jumlah spesies terbesar yaitu dari Afrika. Kacang hijau bersifat diploid dan memiliki ukuran genom yang kecil yaitu 0,60 pg/1C (579 Mbp). Pusat utama keanekaragaman untuk kacang hijau dianggap sebagai wilayah Asia tengah dengan India sebagai pusat gen dan kemungkinan pusat domestikasi dan penyebaran. Telah ditunjukkan bahwa kacang hijau merupakan hasil persilangan antara *Vigna radiata* liar variasi *sublobata* (Roxb.) dan *Vigna radiata* variasi *radiata* (Singh, 2013).

2.3.1 Morfologi Kacang Hijau

Morfologi tanaman kacang hijau terdiri atas akar, batang, daun, bunga, buah dan biji. Berikut deskripsi dari morfologi tanaman kacang hijau sebagai berikut (Hou et al., 2019):

1. Akar

Akar berkembang dengan baik, bercabang, menembus ke dalam tanah hingga kedalaman 0,5 m hingga 1,5-2,0 m (tergantung pada kondisi perawatan). Akar utama kacang hijau terletak di lapisan tanah 30 cm. Akar utama dan lateral memiliki banyak bintil berbentuk kacang polong, dan bakteri dalam bintil ini

menyerap nitrogen bebas dari udara. Bakteri nitragin spesifik diterapkan pada benih sebelum ditanam untuk pertumbuhan bakteri endogen yang lebih baik di akar (Isbn & Isbn, n.d).

2. Batang

Batang kacang hijau berbentuk bulat dan berbuku-buku. Ukuran batangnya kecil, berbulu, berwarna coklat kehijauan atau merah. Setiap batang dapat membentuk batang daun, kecuali daun pertama berupa sepasang daun berhadapan dan setiap daun berupa daun tunggal. Batang kacang hijau tumbuh lurus dengan tinggi 30 cm-110 cm dan cabang menyebar ke segala arah (Krisna, 2016).



Gambar 2.3 Batang dan daun kacang hijau

3. Daun dan Bunga

Daun tanaman kacang hijau memiliki tiga trefoil dan tersusun secara bergantian. Tangkai daun lebih panjang dari daun dan warnanya berkisar dari hijau muda sampai hijau tua. Kacang hijau adalah tanaman berumur pendek yang biasanya mekar dalam 30 hingga 70 hari. Bunganya besar, diameter 1-2 cm, hijau sampai kuning cerah, steril sendiri, dan ditempatkan di ketiak ras dengan 5-25 ras dengan panjang 2-20 cm (Krisna, 2016).



Gambar 2.4 Bunga kacang hijau

Bunga kacang hijau berbentuk kupu-kupu dan memiliki warna hijau kekuningan atau kekuningan. Bunga adalah biseksual atau sepenuhnya gender. Proses penyerbukan berlangsung pada malam hari, sehingga bunga mekar pada pagi hari dan layu pada sore hari (Krisna, 2016).

4. Buah



Gambar 2.5 Buah atau polong kacang hijau

Buahnya silindris, panjangnya mencapai 5-15 cm, seringkali halus, berbulu atau gundul, hitam atau kecoklatan, dengan hingga 20 biji bulat hingga lonjong, tersebar, menggantung dan memiliki 7-15 butir berukuran 3-6 mm. Polong matang 60 hingga 120 hari setelah tanam. Penghancuran bunga sering terjadi dan mencapai 90%. Polong baru berwarna hijau dan berubah menjadi coklat atau hitam seiring bertambahnya usia. Polong memiliki rambut pendek/berbulu (Krisna, 2016).

5. Biji

Biji ditempatkan di dalam polong. Ukuran biji kecil dibandingkan kacang panjang, Kedelai dan kacang polong (2-2,5 kali) kecil, lonjong. Bijinya berwarna hijau atau kuning, seringkali coklat atau hitam, dengan kilau kusam atau mengilap (menempel pada sisa dinding polong) dan hilum putih rata. Perkecambahan terjadi secara epigeal (Krisna, 2016).

Kacang hijau menyukai cahaya, menyukai panas, tahan terhadap kekeringan tanah. Suhu harus setidaknya 12-15 derajat agar benih berkecambah. Bibit dan tanaman dewasa sangat sensitif terhadap embun beku, -10 C embun beku dapat menghancurkannya. Sebaliknya, panas yang menyengat menciptakan kondisi yang menguntungkan untuk pembungaan normal dan panen tanaman (Ganesan & Xu, 2018).

Salah satu komoditi sereal kacang hijau yang memiliki komponen terbesarnya adalah karbohidrat dan protein. Protein pada kacang hijau banyak mengandung asam amino leusin, arginin, isoleusin, valin, dan lisin. Kacang hijau adalah sumber energi, protein, vitamin, mineral dan serat makanan yang baik (Wijaningsih, 2008). Dalam 100 g kacang hijau mengandung 22 g protein yang banyak asam amino lisin (7,94%). Kacang hijau mengandung mineral kalsium dan fosfor yang relatif tinggi yaitu 125 mg kalsium dan 320 mg fosfor dalam 100 g kacang hijau. Lemak kacang hijau 1,2g/100g jauh lebih rendah dari kacang kedelai (15.6 g/100g), Karena itu, kacang hijau sangat baik bagi orang yang ingin menghindari konsumsi lemak tinggi. Rendahnya lemak dalam kacang hijau menyebabkan bahan makanan atau minuman yang terbuat dari kacang hijau tidak

mudah tengik. Lemak kacang hijau tersusun atas 73% asam lemak tak jenuh dan 27% asam lemak jenuh (Diniyati, 2012).

Kacang hijau merupakan salah satu kacang-kacangan yang kaya akan kandungan protein isoflavon. Isoflavon termasuk dalam golongan flavonoid (1,2-diarilpropan) dan merupakan bagian kelompok yang terbesar dalam golongan tersebut. Isoflavon merupakan sejenis senyawa estrogen yang memiliki aktivitas antioksidan tinggi (Rahardjo dan Hermani, 2006). Masalah yang sering dijumpai dalam pembuatan sari kacang hijau salah satunya adalah adanya endapan pada sistem dispersi minuman sari kacang hijau. Hal ini terjadi karena kacang hijau memiliki kandungan protein yang sangat tinggi yakni 22%. Sebagian besar jenis protein yang terkandung dalam kacang hijau adalah protein globulin. Protein globulin tersebut bersifat tidak larut dalam air dan mudah terkoagulasi oleh panas. Pada proses pembuatan sari kacang hijau, dilakukan pemanasan sehingga sebagian protein globulin akan terkoagulasi dan membentuk gumpalan, akibatnya protein akan mengendap. Oleh karena itu, untuk mencegah terjadinya pengendapan pada sari yang dihasilkan sehingga dapat memperbaiki kualitas sari kacang hijau yang diperoleh (Ganesan & Xu, 2018).

2.4 Metabolisme Kacang Hijau

Metabolisme merupakan reaksi dalam sel yang dikatalisis oleh enzim-enzim. Metabolisme memiliki empat fungsi spesifik, yaitu; untuk memperoleh energi kimia dari degradasi sari makanan yang kaya energi dari lingkungan atau energi dari solar. Untuk mengubah molekul molekul nutrien menjadi prekursor unit pembangun bagi makro molekul nutrien menjadi prekursor unit pembangun makro molekul sel. Untuk menggabungkan unit-unit pembangun ini menjadi

protein, asam nukleat, lipid, polisakarida, dan komponen sel lainnya. Untuk membentuk dan mendegradasi biomolekul yang diperlukan di dalam fungsi khusus sel (Wahjuni, 2013).

Fotosintesis merupakan reaksi tumbuhan yang penting untuk mengubah energi matahari (cahaya) menjadi energi kimia yang tersimpan dalam senyawa organik. Cahaya matahari dibutuhkan tanaman untuk melakukan 2 fase, yaitu respon cahaya yang dihasilkan oleh tilakoid dan siklus Calvin yang dilakukan oleh stomata. Intensitas kebutuhan sinar matahari untuk setiap tanaman akan berbeda-beda. Paparan cahaya rendah dapat menghasilkan daun yang lebih besar dan lebih tipis dengan epidermis yang lebih tipis dan lebih banyak stomata. Jika terjadi perubahan intensitas cahaya, maka tanaman akan melakukan perubahan. Adaptasi tanaman yang bernaung dan tanaman terbuka bertujuan untuk efisiensi aktivitas fotosintesis agar tanaman bertahan hidup dan produktivitas tanaman tetap tinggi (Yustiningsih, 2019).

Fotosintesis sangat sensitif terhadap perbedaan keberadaan sinar matahari dan CO₂ adalah komponen terpenting dari proses. Oleh karena itu, fotosintesis kemudian dipengaruhi oleh faktor lingkungan lain seperti suhu dan nutrisi. Faktor lingkungan ini mempengaruhi skala waktu yang berbeda karena: perubahan alami dalam penyebab itu sendiri. Misalnya, suhu dan sinar matahari yang diserap daun berubah setiap hari, sementara kandungan air jaringan dan nutrisi berubah dalam jangka waktu yang lama (Utami, 2018).

Fotosintesis adalah proses dasar pada tumbuhan untuk menghasilkan makanan. Makanan yang dihasilkan akan menentukan ketersediaan energy untuk pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Cahaya merupakan faktor penting

terhadap berlangsungnya fotosintesis, sementara fotosintesis merupakan proses yang menjadi kunci dapat berlangsungnya proses metabolisme yang lain di dalam tanaman.

2.4.1 Klorofil atau Pigmen Fotosintesis

Tumbuhan menyerap cahaya karena memiliki pigmen yang disebut klorofil. Pigmen inilah yang memberi warna hijau pada tumbuhan. Klorofil terdapat pada organel yang disebut kloroplas. Klorofil menyerap cahaya digunakan dalam fotosintesis. Di dalam daun terdapat lapisan sel yang disebut mesofil mengandung setengah juta kloroplas per milimeter persegi (Wayan, 2017).

Masing-masing pigmen memiliki warna yang berbeda-beda dan di setiap jenis daun ada kloroplas dominan. Daun mengandung klorofil, maka daun berwarna hijau. Sebagian besar klorofil terdapat pada daun, tetapi pada bagian tumbuhan lain seperti akar, pohon, buah-buahan, biji-bijian dan bunga mengandung klorofil dengan jumlah terbatas. Distribusi klorofil pada daun berbeda-beda. Klorofil pada pangkal daun berbeda dengan klorofil dibagian atas, tengah dan tepi daun. Perbedaan jumlah klorofil ini akan menunjukkan perbedaan warna daun. Tapi, semakin hijau warna daun, semakin tinggi kandungan klorofil (Mirah, 2020).

2.4.2 Fenolik dan Flavonoid

Fenolik merupakan senyawa yang memiliki satu atau lebih gugus hidroksil yang menempel pada cincin aromatik. Senyawa fenolik terbentuk dari jalur metabolisme asam sikimat dan fenil propanoid. Senyawa fenolik dari tanaman mempunyai beberapa efek, diantaranya yaitu antioksidasi, antiinflamasi,

antiproliferasi, antimutagenik, antimicrobial, antikarsinogenik, dan pencegahan terhadap penyakit jantung (Desi, 2017).

Mekanisme senyawa fenolik sebagai antioksidan dijelaskan oleh Janeiro dan Brett yaitu melalui kemampuan dari gugus fenol untuk mengikat radikal bebas dengan memberikan atom hidrogennya melalui proses transfer electron. Contoh senyawa fenolik adalah asam fenolik, flavonoid, tannin terkondensasi, kumarin dan akil resorsinol. Senyawa fenolik dalam tanaman terdapat dalam bentuk glikosida atau esternya. Golongan yang terbanyak dari senyawa fenolik adalah flavonoid (Desi, 2017).

Flavonoid adalah salah satu golongan metabolit sekunder yang dihasilkan oleh tanaman yang termasuk dalam kelompok besar polifenol. Senyawa flavonoid terdapat pada semua bagian tanaman termasuk daun, akar, kayu, dan biji. Flavonoid mempunyai kemampuan sebagai penangkap atau menyerap radikal bebas dan menghambat oksidasi lipid (Zuraida, 2017). Flavonoid berfungsi secara tidak langsung mengatur pertumbuhan pada akar, pucuk dan dormansi. Sebagai penangkal serangan penyakit dan obat-obatan. Sebagai senyawa penanda (markers) dalam mengklafikasi tumbuhan (Buana, 2020).

2.4.3 Kandungan Antosianin

Antosianin adalah kelompok senyawa kimia organik yang dapat larut dalam pelarut polar, serta bertanggung jawab untuk memberikan warna orange, merah, ungu, biru, hingga hitam pada tumbuhan tingkat tinggi seperti: bunga, buah-buahan, biji-bijian, sayuran, dan umbi-umbian. Gugus kromofor dan tipe gula yang terikat pada antosianin menyebabkan absorpsi cahaya pada antosianin berbeda dari spektrum UV-Vis. Dengan adanya ikatan rangkap terkonjugasi pada

gugus kromofor yang terdapat dalam struktur antosianin membuat antosianin dapat menyerap cahaya pada daerah sinar tampak, sehingga memungkinkan analisis pigmen tersebut secara spektroskopi. Makin banyak dan panjang susunan ikatan rangkap terkonjugasi pada struktur antosianin, warna yang dihasilkan pada tanaman akan semakin kuat dan mengakibatkan penyerapan cahaya UVvis terjadi pada panjang gelombang yang lebih panjang. Hal ini menjadikan energi yang diperlukan untuk mengalami transisi pada ikatan rangkap terkonjugasi makin kecil, sehingga absorpsi akan semakin bergeser ke panjang gelombang yang lebih besar. Antosianin secara spesifik dapat menyerap cahaya pada daerah serapan ultraviolet (UV) sampai violet, tetapi lebih kuat pada daerah tampak dari spektrum. Antosianin terserap pada panjang gelombang 250 – 700 nm, dengan 2 puncak sebagai gugus gula (glikon) di panjang gelombang sekitar 278 nm dan puncak utama sebagai antosianin (aglikon) di sekitar panjang gelombang 490-535 nm (Priska, 2018).

Antosianin pada tumbuhan memiliki berbagai fungsi yaitu; menambah daya tarik serangga dan hewan untuk membantu proses penyerbukan dan penyebaran biji yang merupakan dasar kimia pembentukan warna bunga pada golongan tanaman berbiji tertutup. Melindungi tanaman dari berbagai cekaman abiotic dan biotik (Priska, 2018).

2.4.4 Protein

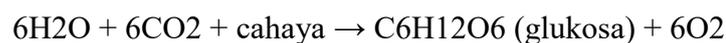
Protein merupakan polimer dari monomer-monomer asam amino yang dihubungkan satu sama lain dengan ikatan peptida. Molekul protein mengandung karbo, hydrogen, oksigen, nitrogen dan kadang mengandung sulfur serta fosfor. Protein juga berperan penting dalam pembentukan struktur dan fungsi semua sel

mahluk hidup. Kebanyakan protein adalah enzim atau sub unit enzim. Protein termasuk dalam sistem kekebalan sebagai antibody, sistem kendali dalam bentuk hormone, dan sebagai komponen penyimpanan (dalam biji) dan juga sebagai transportasi hara (Oktaviani, 2020).

Protein merupakan molekul yang sangat penting, sehingga sangat mudah mengalami perubahan bentuk fisik maupun aktivitas biologis. Beberapa faktor yang menyebabkan perubahan sifat alami protein, seperti panas, asam, basa, pelarut organik, pH, garam logam berat dan sinar radiasi radioaktif. Sumber protein ada 2 jenis yaitu protein nabati dan protein hewani. Protein nabati terdapat pada biji-bijian dan kacang-kacangan, sayur-sayuran dan buah-buahan hanya memiliki protein yang tidak terlalu banyak. Sedangkan protein hewani terdapat pada daging, ikan, telur dan susu (Oktaviani, 2020).

2.4.5 Glukosa

Cahaya akan melewati lapisan epidermis yang tidak berwarna dan transparan ke mesofil tempat terjadinya sebagian besar proses fotosintesis.



Glukosa dapat digunakan untuk membuat senyawa organik lain seperti selulosa dan juga dapat digunakan sebagai bahan bakar. Proses ini terjadi melalui respirasi seluler yang terjadi pada hewan dan tumbuhan. Secara umum-nya reaksi terjadi pada respirasi seluler adalah kebalikan dari persamaan di atas. Saat bernafas gula (glukosa) dan senyawa lain bereaksi dengan oksigen untuk membentuk karbon dioksida, air, dan karbon dioksida energi kimia (Wayan, 2017).

Proses fotosintesis pada tumbuhan berlangsung di bawah sinar matahari saat matahari menyinari bumi. Menggunakan sinar matahari, tanaman mengubah gas

karbondioksida dan unsur-unsur mineral tanah serta air untuk menghasilkan gula (glukosa) dan oksigen. Proses ini dilakukan dengan menggunakan zat hijau yang disebut klorofil yang ada di daun dan dilindungi oleh lapisan untuk mencegah penguapan. Gula yang dihasilkan oleh fotosintesis disimpan dalam tumbuhan sebagai cadangan energi dan oksigen sebagai hasil sampingannya. Gula yang dihasilkan kemudian digunakan oleh tanaman untuk proses metabolisme. Pemanfaatan energi gula pada tanaman memerlukan beberapa proses sehingga energi tersebut dapat diubah dalam bentuk gelombang elektromagnetik menjadi energi kimia (ATP dan NADPH) yang dikenal sebagai reaksi terang. Hasil reaksi Cahaya ini (ATP dan NADPH) kemudian dapat digunakan dalam reaksi metabolisme terutama pengurangan CO (Wayan, 2017).

2.5 Analisis ANOVA dan TUKEY

Analisis varian ANOVA (analysis of variance) adalah suatu metode analisis statistik yang termasuk ke dalam cabang statistik inferensi. Anova merupakan pengembangan dari masalah Behrens-Fisher, sehingga uji F juga di pakai dalam pengambilan keputusan. Jika nilai F hitung lebih dari nilai F tabel maka, disimpulkan bahwa H1 diterima dan H0 ditolak begitu juga sebaliknya. Anova merupakan sebuah analisis statistik yang menguji perbedaan rerata antar grup. Grup disini berarti kelompok atau jenis perlakuan. Uji Anova dibagi berdasarkan desainnya antara lain (Santa et al., 2020);

1. Anova satu arah (One Way Anova) adalah uji statistik yang membandingkan varians dalam rata-tata grup dalam sampel dengan mempertimbangkan hanya satu variable atau faktor independent.

2. Anova dua arah (Two Way Anova) atau Faktorial adalah metode analisis yang dilakukan terhadap 2 faktor terhadap nilai rata-rata variable dependent. Faktor yang dianalisis berskala ordinal atau nominal. Tujuan analisis 2 faktor adalah untuk memahami interaksi antara dua faktor variable independent sebagai variable faktor, terhadap dependent variable berskala interval.
3. Anova reapeded measures digunakan ketika dalam desain eksperimen mengijinkan subjek penelitian di ikuti dengan perlakuan yang berbeda.
4. Anova Multivariat merupakan uji anova yang berbeda dari uji lainnya, yaitu uji anova hanya mengukur satu respon. Sedangkan Manova mengukur lebih dari satu respon dalam satu kali eksperimen.

Uji Tukey merupakan uji post hoc, dimana perbandingan antar variable dilakukan setelah data terkumpul. Uji Tukey disebut uji beda nyata jujur (BNJ) atau honestly significance diffirence (HSD) diperkenalkan oleh Tukey pada tahun 1953. Prosedur pengujiannya mirip dengan LSD, yaitu mempunyai satu pembanding dan digunakan sebagai alternative pengganti LSD apabila ingin menguji seluruh pasangan rata-rata perlakuan tanpa rencana. Uji Tukey digunakan untuk membandingkan seluruh pasangan rata-rata perlakuan setelah uji analisis ragam yang dilakukan. Tujuan uji Tukey adalah untuk menguji kesamaan rata-rata dari beberapa kelompok, untuk menentukan mana kelompok yang sama dan mana kelompok yang berbeda (Williams, 2018).

2.6 Integrasi Al-Qur'an

Cahaya dalam ilmu fisika merupakan salah satu energi gelombang yang ada di alam semesta, selain air, bunyi, dan listrik. Secara sederhana, cahaya dipahami orang sebagai sesuatu yang terang, lawan dari yang gelap. Benda apapun akan

menjadi terang dan bisa terlihat jika mendapatkan sinar pencahayaan, atau mampu memantulkan sendiri sumber cahaya. Dalam ajaran Islam matahari merupakan sumber cahaya yang besar dan banyak manfaat bagi manusia. Fungsi matahari sebagai sumber cahaya sejati termaktub dalam Q.S Yunus ayat 5:

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا

Artinya: “Dialah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya.”

Ayat 5 surah Yunus dalam al-Tabari menafsirkan bahwa matahari sebagai cahaya adalah bahwa sesungguhnya Allah SWT menciptakan langit dan bumi termasuk pula menjadikan matahari sebagai *dhiya'* (bersinar). *Dhiya'* disini dimaknai al-tabrani dengan *bin nahar* (bersinar disiang hari) dan bukan yang bercahaya (*nur*). Jadi, maknanya adalah dia menjadikan matahari bersinar disiang hari dan bercahaya di malam hari. Matahari adalah sumber energi terbesar dimuka bumi. Sumber energi ini berupa pancaran sinar panasnya sehingga mampu menerangi, menyinari dan membantu proses penyerbukan fotosintesis tumbuh-tumbuhan dan segala proses lainnya yang memberi manfaat bagi kehidupan manusia dan alam semesta (Prasetia, 2021).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimental. Penelitian eksperimental bertujuan untuk memperoleh data dari pengamatan mengenai pengaruh irradiasi laser He-Ne dengan panjang gelombang 632 nm terhadap pertumbuhan kacang hijau (*vigna radiate L*) dan peningkatan metabolisme-nya.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di kost Muslimah Sunan Kalijaga Dalam, Laboratorium Optik dan Laboratorium Biofisika Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang dari bulan Desember 2021 sampai dengan Maret 2022.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Laser Helium-Neon (He-Ne)
2. Stopwatch
3. Spektrofotometer
4. Hot Plate
5. Strir Magnetik
6. Mortar
7. Glass ukur 50 ml atau 100 ml
8. Tabung gelas 10 ml
9. Beaker Glass

1. Corong kaca 100 ml
2. Tabung reaksi dan rak
3. Sendok pengaduk
4. Pipet tetes
5. Penggaris
6. Spidol
7. Tissue
8. Kertas saring halus
9. Label nama
10. Pinset
11. Cawan petri
12. Polybag ukuran 30×30 cm
13. Power supply

3.3.2 Bahan

1. Biji kacang hijau
2. Daun kacang hijau
3. Air/Aquades
4. Methanol
5. Larutan buffer pH 4
6. Etanol 70%
7. Aseton
8. Reagen DNS (Dinitrosalicylic Acid)
9. NaOH

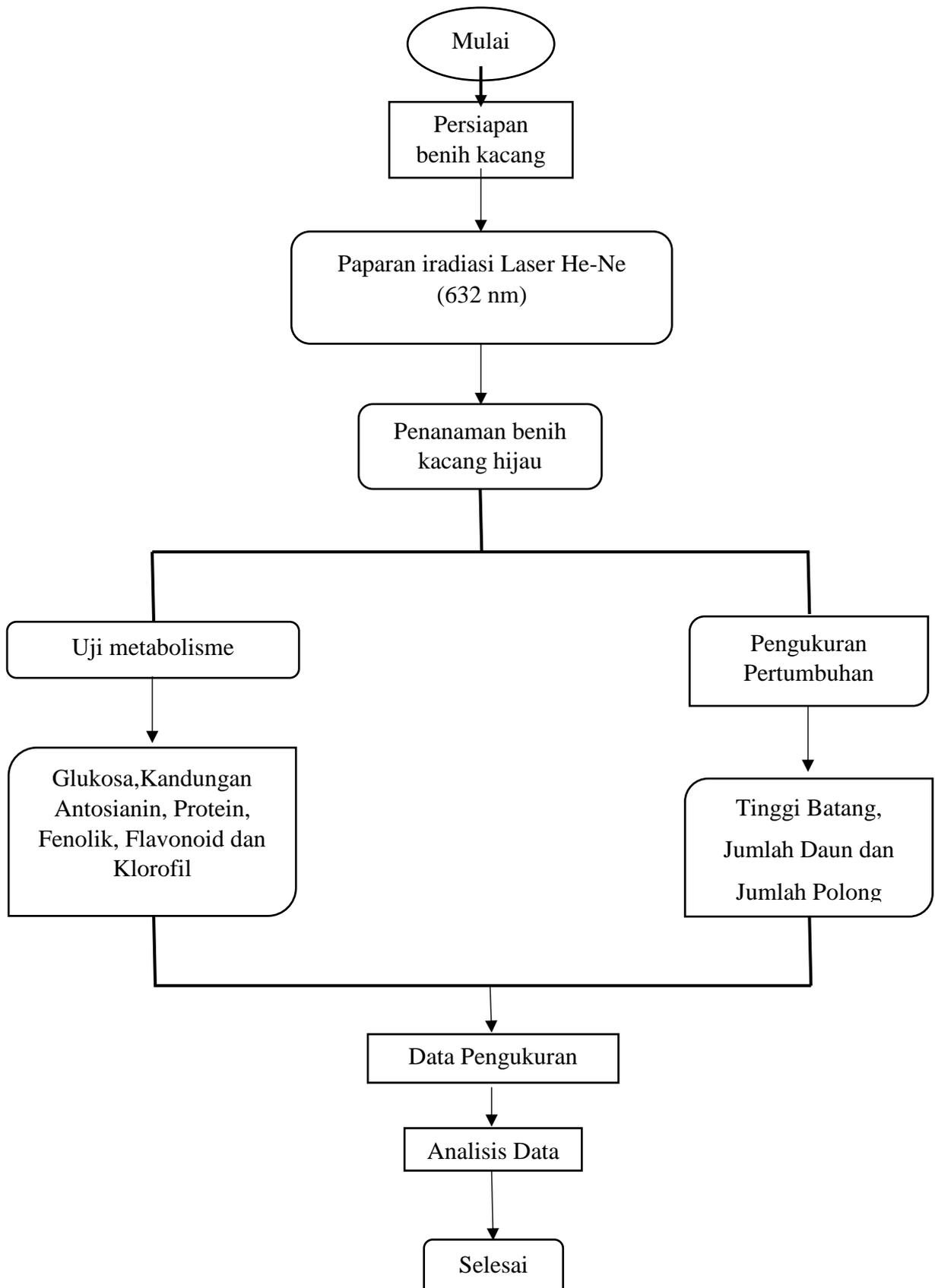
10. Tanah (Humus Organik (N 25%,P 7%, K 9%, Fe 3,7%, Unsur Hara lain 55,3% dan pH tanah 6)).

3.4 Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat, sebagai berikut:

- a. Variabel bebasnya adalah waktu paparan iradiasi yaitu 0 menit (Kontrol/ tanpa paparan), 2 menit, 5 menit dan 10 menit.
- b. Variabel terikatnya adalah:
 1. Tinggi Batang, jumlah daun, dan polong.
 2. Pigmen fotosintesis, fenolik, flavonoid, protein, kandungan antosianin, dan glukosa.

3.5 Diagram Alir Penelitian



3.6 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini ada beberapa tahap yang akan dilakukan, yaitu: tahap persiapan dan perkecambahan, tahap paparan iradiasi laser dan tahap uji metabolisme yang dijelaskan sebagai berikut:

3.6.1 Tahap Persiapan

Biji kacang hijau di peroleh dari Tagri-mart BPTP Karangploso, Malang. Setelah itu, biji di bersihkan dengan air suling dan di rendam dalam wadah air selama 24 jam. Biji yang direndam dalam air untuk meningkatkan perkecambahan dan pengelupasan mantel biji. Sebelum perlakuan iradiasi laser mantel biji dilepas menggunakan pinset, untuk membuat tanaman muncul lebih cepat dan meningkatkan berat kering akar dari bawah batang. Dan untuk penanaman dengan Kontrol setelah pengelupasan biji mantel langsung ditanaman di polybag.

3.6.2 Tahap Paparan Iradiasi Laser

Iradiasi biji kacang hijau menggunakan laser He-Ne 5 mW dengan pemaparan pada panjang gelombang 632 nm. Biji kacang hijau ditempatkan di atas kertas tisu bersih ukuran 10×10 cm dalam posisi tepat dibawah cermin untuk penyinaran. Dan untuk setiap sampel yang terpapar, terdapat 4 biji yang diiradiasi dengan waktu yang diterapkan yaitu 0 detik (kontrol tanpa paparan), 2 menit, 5 menit, dan 10 menit . Sebuah stopwatch digunakan sebagai timer selama masa paparan iradiasi atau percobaan.

Setelah terkena paparan sinar laser, setiap batch benih dibiarkan berkecambah dalam cawan petri yang dilapisi kertas tisu bersih. Dan setiap wadah yang berisi biji kacang hijau ditempatkan di bawah kondisi kamar/ruangan gelap

dengan suhu dalam ruangan yang normal 24 C. Selama perkecambahan, biji diberikan setiap hari 2 ml air dengan menggunakan jarum suntik.

Selanjutnya, Penanaman benih kacang hijau ditanam di polybag yang sudah diisi tanah subur, dimana setiap polybag terisi 3-5 biji kacang hijau dan di letakkan dibawah sinar matahari untuk proses pertumbuhan yang maksimal selama 60 sampai 70 hari.

3.6.3 Tahap Uji Metabolisme

1. Pigmen fotosintesis

Kandungan klorofil a dan b daun kacang hijau dan kandungan karotenoidnya diukur menggunakan spectropotometer, dimana daun segar 1 gr diekstraksi dengan 70% aseton, kemudian disaring ke gelas ukur dengan 10 ml. Hasil ekstraksi tersebut diabsorbansi menggunakan spektropotometer dengan panjang gelombang 470 nm dan 663,2 nm.

2. Fenolik dan Flavonoid

Kandungan fenolik ditentukan dengan cara 1 gr estrak daun dilarutkan dengan methanol kedalam glass ukur 20 ml, kemudian diinkubasi selama 90 menit setelah itu diabsorbansi menggunakan spektropotometer dengan panjang gelombang 765 nm. Kandungan flavonoid ditentuakn dengan ekstrak daun dilarutkan dengan 80% etanol dan di ukur dengan 663,2 nm menggunakan spektropotometer.

3. Protein

Untuk kandungan protein, biji kacang hijau 5 gr dihaluskan dan dicampurkan dengan larutan buffer yg dipanaskan selama 25 menit, setelah itu

Tabel 3.4. Pengukuran dengan lama iradiasi 10 menit terhadap lama pertumbuhan pada λ 632 nm

Hari	Ulangan								
	Tinggi batang			Jumlah daun			Jumlah polong		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
7									
14									
21									
30									
40									
50									
60									

Tabel 3.5. Pengukuran nilai metabolisme

Sampel		Hasil uji metabolisme					
		Pigmen Fotosintesis	Fenolik	Flavonoid	Kandungan Antosianin	Protein	Glukosa
Kontrol	1						
	2						
	3						
2 menit	1						
	2						
	3						
5 menit	1						
	2						
	3						
10 menit	1						
	2						
	3						

3.8 Analisis Data

Data-data yang di ambil dari penelitian ini akan dianalisis secara statistik dan deskriptif. Data yang di peroleh dari hasil data kuantitatif yang terdiri dari pengukuran batang, jumlah daun, dan polong kacang hijau. Sedangkan untuk uji nilai metabolisme menggunakan spektropotometer. Metode analisis statistik yang digunakan adalah metode uji ANOVA (Analysis of Variance) dan metode Tukey dengan hasil signifikan $P \leq 0.05$ untuk menentukan perbedaan yang signifikan antara waktu iradiasi yang di lakukan pada penelitian ini (Santa et al., 2020). Hasil data yang diperoleh dari kedua metode yaitu dalam bentuk tabel, kemudian diplot ke dalam bentuk grafik untuk memperoleh grafik pangaruh iradisi laser He-Ne terhadap peningkatkan metabolisme kacang hijau dengan Microsoft Excel.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh irradiasi laser Helium-Neon (He-Ne) terhadap pertumbuhan benih dan metabolisme (Klorofil, Fenolik, Flavonoid, Kandungan Antosianin, Protein dan Glukosa) kacang hijau (*Vigna Radiata L*). Parameter yang diamati diantara lain tinggi batang, jumlah daun, jumlah polong untuk pengukuran pertumbuhan dan pengukuran metabolisme terdiri dari klorofil, fenolik, flavonoid, kandungan antosianin, protein dan glukosa.

Penelitian pengaruh irradiasi laser He-Ne terhadap peningkatan metabolisme kacang hijau (*Vigna Radiata L*) memiliki beberapa tahapan. Tahapan pertama persiapan benih. Tahapan kedua paparan irradiasi terhadap benih menggunakan Helium-Neon (He-Ne) laser head 5.0 mW dengan panjang gelombang 632 nm dan waktu lama paparan yaitu 0 menit, 2 menit, 5 menit dan 10 menit dilakukan sebanyak 3 kali setiap perlakuan. Selanjutnya langsung ditanam selama ± 3 bulan. Tahapan ketiga pengukuran pertumbuhan kacang hijau 7 hari sekali selama 49 hari dan uji metabolisme pada daun (klorofil $\lambda=470$ nm dan 663,2 nm; fenolik $\lambda=765$ nm; dan flavonoid $\lambda=663,2$ nm) setelah 49 hari. Setelah panen uji metabolisme terhadap biji (kandungan antosianin $\lambda=536$ nm; protein $\lambda=595$ nm; dan glukosa $\lambda=540$ nm) kacang hijau (*Vigna Radiata L*). Pengukuran absorbansi metabolisme daun dan biji kacang hijau menggunakan alat spektrofotometer.

4.1.1 Data Hasil Pengukuran Pertumbuhan Benih Kacang Hijau

4.1.1.1 Data Pengukuran dan Analisis Tinggi Batang Kacang Hijau

Pengukuran tinggi batang tanaman kacang hijau dilakukan 1 kali dalam 7 hari selama 49 hari, diukur mulai pangkal batang hingga ujung tanaman menggunakan penggaris. Hasil pengukurannya ialah rata-rata tinggi batang tanaman dengan 5 kali pengulangan. Maka, hasil pengukuran tinggi batang tanaman kacang hijau di paparkan pada tabel berikut:

Tabel 4.1. Data Pengukuran Pertumbuhan Rata-rata Tinggi Batang Kacang Hijau

Perlakuan/Pengulangan		Hari (cm)						
		7	14	21	28	35	42	49
0 menit / kontrol	I	10,4	15	17	19,8	26	28,75	32,5
	II	6	9,1	10,6	14	18,75	20,5	25
	III	8,91	13,1	16,2	20	21,4	24,2	27
	IV	10,25	14,5	16,75	19,5	22,3	25,2	27,35
	V	13	15,2	17	18,5	19	21,75	24
2 menit	I	15,2	20,7	16,2	26,8	29,4	32,6	35,4
	II	15,6	19,8	22,2	23,6	28,75	31	36,25
	III	15,2	19,9	21,8	25	27,2	29,6	33,2
	IV	16	18,3	20,1	22,4	26,7	29,2	34
	V	16,75	19,23	21,5	24	27,5	28,6	33,5
5 menit	I	16,4	22,4	25,2	28	31,2	33,4	36,4
	II	14,2	20,13	21	25	26,75	28,25	32
	III	12,4	17,6	19,6	22	22,6	27	29,4
	IV	14,93	16,75	19,5	22,75	24,7	26,9	32,73
	V	16,5	17	19	23,4	25,3	27,6	30,1
10 menit	I	13,4	18,6	24,8	25,25	25,5	27,5	28,5
	II	14,8	19,3	20,2	26	28,8	32	33,2
	III	15,3	20,4	23	25,2	25,5	25,8	26,8
	IV	15,9	17	21,4	25	27,2	29,7	32,1
	V	16,75	18,3	22,3	24,5	26,2	28,5	30,2

Tabel 4.2. Hasil Uji One Way Anova Rata-rata Tinggi Batang Kacang Hijau

Tinggi batang	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	639.452	3	213.151	5.227	.002
Within Groups	3262.336	80	40.779		
Total	3991.788	83			

Berdasarkan tabel 4.1 data pengukuran rata-rata tinggi batang tanaman dianalisis dengan uji One Anova menggunakan SPSS. Untuk membuktikan apakah hasil hipotesisnya berpengaruh secara nyata atau tidak. Dalam rumusan hipotesis ada 2 jenis hipotesis yaitu:

1. Hipotesis Nol (H_0) adalah hipotesis yang menyatakan tidak adanya hubungan antara variabel independen (variabel bebas) dan variabel dependen. Jika $P \geq 0,05$ maka H_0 diterima dan sebaliknya jika $P \leq 0,05$ maka H_0 ditolak.
2. Hipotesis Kerja (H_1) adalah hipotesis yang menyatakan adanya hubungan antara variabel independen dan variabel dependen (variabel terikat). Jika $P \leq 0,05$ maka H_1 diterima dan sebaliknya.

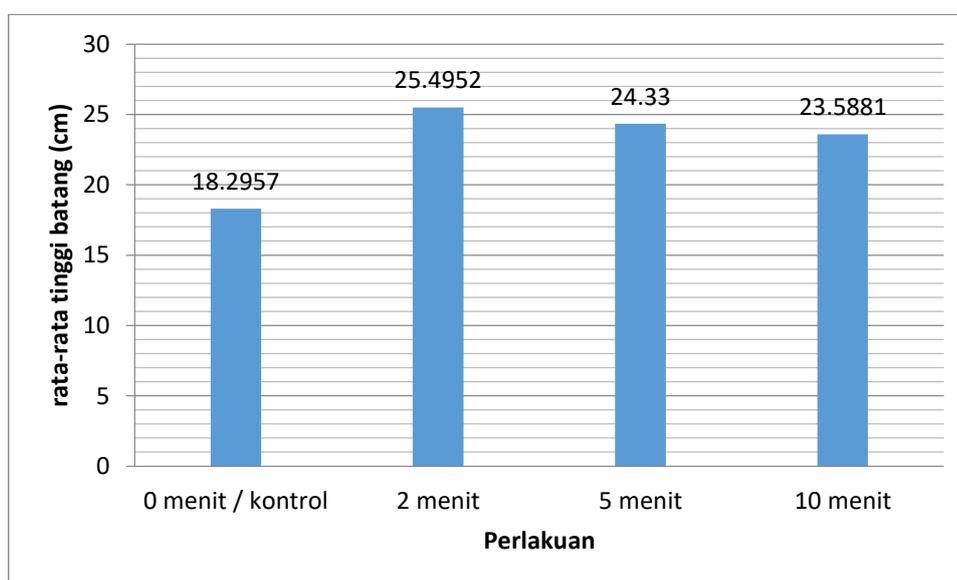
Tabel 4.2 menunjukkan hasil data statistik uji One Way Anova pada SPSS, bahwa perlakuan maupun ulangan dan hari memiliki pengaruh nyata terhadap rata-rata tinggi batang tanaman kacang hijau dengan nilai signifikan 0,02. Maka, H_0 ditolak dan H_1 diterima untuk analisis rata-rata tinggi batang tanaman kacang hijau. Selanjutnya dilakukan uji Tukey untuk membandingkan seluruh pasangan rata-rata data. Hasil uji Tukey untuk mengetahui perbedaan secara signifikan satu sama lain pada perlakuan dan hasilnya dipaparkan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.3. Hasil Uji Tukey Pertumbuhan Rata-rata Tinggi Batang Kacang Hijau

No	Perlakuan	Rata-rata tinggi batang (cm)	Notasi
1	0 menit/Kontrol	18,2957	a
2	10 menit	23,5881	b
3	2 menit	24,3300	b
4	5 menit	25,4952	b

Keterangan: Perlakuan yang memiliki notasi huruf yang berbeda mempunyai perbedaan nyata

Berdasarkan tabel 4.3 perlakuan 0 menit atau kontrol dengan rata-rata tinggi batang 18,29 cm berbeda nyata dengan perlakuan 2 menit, 5 menit dan 10 menit yang dinotasikan dengan huruf a. Sedangkan perlakuan 2 menit, 5 menit dan 10 menit semua-nya dinotasikan dengan huruf b. Semakin besar notasi menunjukkan bahwa rata-rata tinggi batang semakin tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa irradiasi benih diawal pertumbuhan mengalami pengaruh terhadap rata-rata tinggi batang.



Gambar 4.1. Grafik rata-rata tinggi batang tanaman kacang hijau

Analisis data selanjutnya, hubungan antara rata-rata tinggi batang tanaman dan perlakuan ditunjukkan pada gambar 4.1 bahwa lama paparan iradiasi laser He-Ne terhadap benih kacang hijau mengalami peningkatan disetiap perlakuan. Nilai tertinggi batang kacang hijau yaitu 25,49 cm pada perlakuan 2 menit dan

nilai terendah yaitu 18,29 cm diperlakukan 0 menit atau control. Namun, jika lama paparan diberikan dengan waktu lama maka, akan mengalami penurunan terhadap rata-rata tinggi tanaman seperti pada grafik diatas.

4.1.1.2 Data Pengukuran dan Analisis Jumlah Daun Kacang Hijau

Penghitungan jumlah daun dilakukan setiap 1 kali dalam 7 hari dari awal penanaman biji kacang hijau selama 49 hari, sebelum uji metabolisme terhadap daun kacang hijau. Hasil perhitungannya adalah rata-rata jumlah daun kacang hijau. Hasil perhitungan rata-rata jumlah daun dipaparkan dalam tabel berikut:

Tabel 4.4. Data Hasil Pengukuran Pertumbuhan Rata-rata Jumlah Daun Kacang Hijau

Perlakuan/Pengulangan		Hari (buah)						
		7	14	21	28	35	42	49
0 menit / kontrol	I	2	4,4	7,4	10,4	13,25	14,5	16
	II	2	5	6,2	8,6	13,25	14,2	15,8
	III	2	3,8	8	12	13,6	15,6	16
	IV	2	5	6,2	8,3	10,2	13,5	15,7
	V	2	3,8	5	8	11	13,2	15
2 menit	I	2	5	8	9,2	12,6	16	18
	II	2	5	6,2	7,4	11	16	18,25
	III	2	4,4	6,8	8,6	11,6	14,6	16,5
	IV	2	5	8	9,3	12	14,3	16,75
	V	2	5	8	8,3	11,75	15	17,3
5 menit	I	2	5	7,4	9,8	13,4	15,8	18
	II	2	5	6,5	8,75	12	14,25	17
	III	2	5	5	7,2	10	13,4	16,2
	IV	2	5	6,2	8,5	10,4	14	17,2
	V	2	5	7,2	8,2	12	14,74	16,1
10 menit	I	2	5	7,4	8	11,75	15,5	16
	II	2	3,8	6,2	9,8	12,2	15	16,8
	III	2	3,8	6,2	8	10,4	12,8	15
	IV	2	5	6,1	8	9,75	11,9	15,6
	V	2	3,8	7,2	8	10	12,5	15

Tabel 4.5. Hasil Uji One Way Anova Rata-rata Jumlah Daun Kacang Hijau

Jumlah Daun	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	17.439	3	5.813	7.346	.001
Within Groups	56.978	72	.791		
Total	2286.091	83			

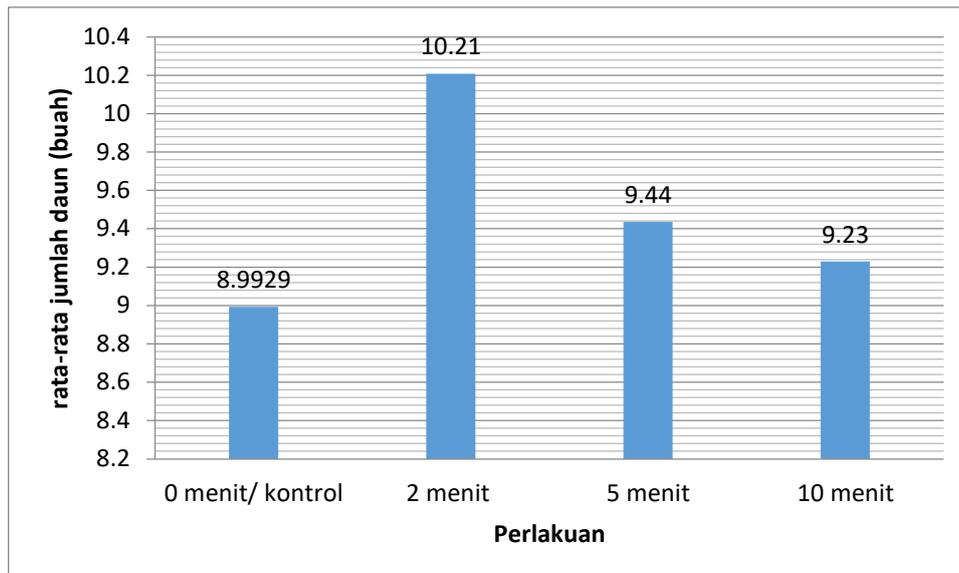
Data rata-rata jumlah daun kacang hijau pada tabel 4.4 dianalisis menggunakan uji One Way Anova dengan SPSS. Data statistik yang diperoleh yaitu; bahwa perlakuan, ulangan dan hari memiliki pengaruh nyata terhadap rata-rata jumlah daun dengan nilai signifikan 0,01. Maka, H₀ ditolak dan H₁ diterima untuk analisis rata-rata tinggi batang tanaman kacang hijau. Selanjutnya dilakukan uji Tukey pada rata-rata jumlah daun kacang hijau untuk membandingkan rata-rata dari masing-masing kelompok data. Hasilnya dipaparkan dalam tabel berikut:

Tabel 4.6. Hasil Uji Tukey Rata-rata Jumlah Daun Kacang Hijau

No	Perlakuan	Rata-rata Jumlah Daun (buah)	Notasi
1	0 menit/Kontrol	8,9929	a
2	10 menit	9,2286	a
3	5 menit	9,4357	a
4	2 menit	10,2071	b

Keterangan: Perlakuan yang memiliki notasi huruf yang berbeda mempunyai perbedaan nyata

Berdasarkan tabel 4.6 perlakuan yang memiliki notasi huruf a yang sama terdapat pada perlakuan 0 menit, 5 menit dan 10 menit. Sedangkan, perlakuan 2 menit dinotasikan dengan huruf b. Jika, notasinya semakin besar maka menunjukkan perbedaan nyata antara perlakuan. Nilai rata-rata jumlah daun tertinggi sebesar 10,2071 buah terdapat pada perlakuan 2 menit. Nilai rata-rata jumlah daun terendah pada perlakuan 0 menit sebesar 8,9929 buah.



Gambar 4. 2. Grafik Rata-rata Jumlah Daun Tanaman Kacang Hijau

Analisis data statistik hubungan antara perlakuan dan rata-rata jumlah daun kacang hijau ditunjukkan grafik pada gambar 4.2 bahwa semakin diberikan lama paparan dengan waktu yang lama mengakibatkan rata-rata jumlah daun menurun. Perlakuan 2 menit pada grafik meningkatkan rata-rata jumlah daun dibandingkan dengan tanpa paparan atau waktu 0 menit/kontrol. Hal ini, menunjukkan bahwa pengaruh irradiasi laser He-Ne pada benih dengan waktu paparan semakin lama mengalami penurunan terhadap rata-rata jumlah daun kacang hijau dan terlihat jelas bentuk grafik pada gambar 4.2.

4.1.1.3 Data Pengukuran dan Analisis Jumlah Polong Kacang Hijau

Jumlah polong dihitung sebelum buah kacang hijau di panen. Biji yang sudah dipanen diuji untuk menentukan nilai metabolisme biji kacang hijau. Data yang diperoleh yaitu rata-rata jumlah polong kacang hijau. Hasil penghitungan rata-rata jumlah polong kacang hijau dipaparkan dalam tabel sebagai berikut:

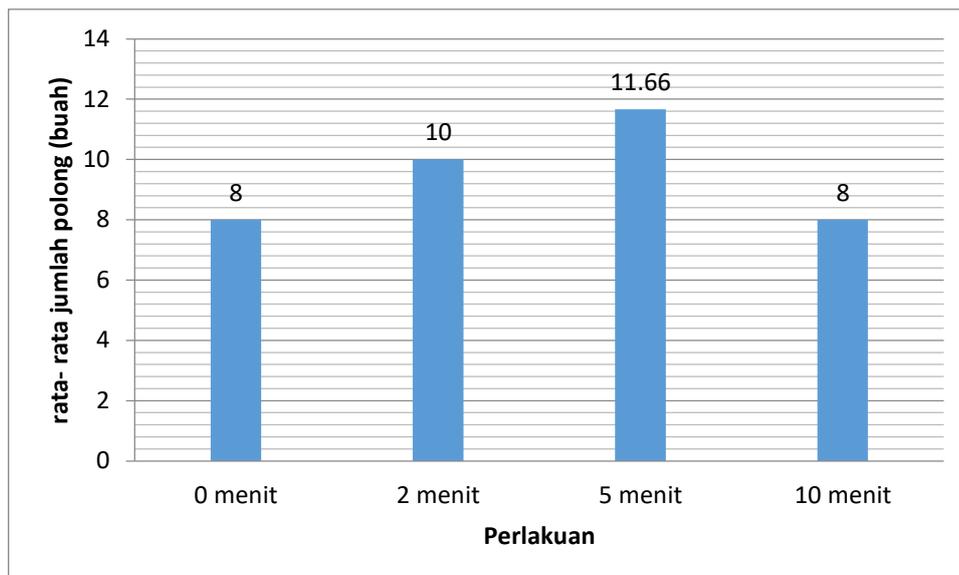
Tabel 4. 7. Data Pengukuran Pertumbuhan Rata-rata Jumlah Polong Kacang Hijau

Perlakuan	Pengulangan (buah)					Rata-rata Jumlah Polong
	I	II	III	IV	V	
Kontrol/0 menit	8	6	10	8	6	8
2 menit	12	8	10	11	10	10
5 menit	14	10	11	10	8	11,6
10 menit	6	8	10	8	8	8

Tabel 4. 8. Hasil Uji One Way Anova Rata-rata Jumlah Polong Kacang Hijau

Tinggi batang	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	28.250	3	9.417	2.306	.153
Within Groups	32.667	8	4.083		
Total	60.17	11			

Data pengukuran rata-rata jumlah polong dianalisis dengan uji One Way Anovamenggunakan SPSS dan menunjukkan bahwa perlakuan maupun ulangan tidak memiliki pengaruh nyata terhadap rata-rata jumlah polong kacang hijau karena nilai signifikannya 0,153. Dimana, nilai signifikan One Way Anovayaitu 5%. Maka, H0 diterima dan H1 ditolak. Jika, H1 ditolak analisis rata-rata jumlah polong kacang hijau tidak dapat dilanjutkan ke uji Tukey. Hal ini, menunjukkan bahwa perlakuan dan ulangan tidak ada pengaruh nyata terhadap rata-rata jumlah polong kacang hijau.



Gambar 4. 3. Grafik Rata-rata Jumlah Polong Kacang Hijau

Analisis selanjutnya dapat dilihat grafik pada gambar 4.3 rata-rata jumlah polong kacang hijau mengalami peningkatan pada perlakuan 2 menit dan 5 menit sebesar 10 dan 11,66 buah. Namun, pada perlakuan 10 menit memiliki rata-rata jumlah polong yang sama dengan perlakuan 0 menit/kontrol sebesar 8 buah. Maka, irradiasi laser He-Ne pada benih diawal pertumbuhan tidak mengalami pengaruh yang signifikan terhadap jumlah polong kacang hijau.

4.1.2 Data Hasil Uji Metabolisme Kacang Hijau

Hasil metabolisme kacang hijau yang diambil dari penelitian ini ada 2 jenis yaitu pada daun dan biji. Pertama, metabolisme kacang hijau pada daun terdiri dari klorofil, fenolik dan flavonoid diukur setelah 49 hari setelah masa tanam. Kedua, metabolisme kacang hijau pada biji hanya terdiri dari kandungan antosianin, protein dan glukosa diukur setelah panen. Data yang diperoleh dari nilai metabolisme yaitu nilai absorbansinya. Hasil pengukuran metabolisme dilakukan dengan panjang gelombang dan campuran senyawa yang berbeda-beda. Setiap pengujian metabolisme kacang hijau dilakukan dengan 3 kali pengulangan

dan pengukuran. Rincian setiap hasil pengukuran nilai absorbansi metabolisme kacang hijau dijelaskan sebagai berikut:

4.1.2.1 Data Pengukuran dan Analisis Klorofil Daun Kacang Hijau

Pengukuran absorbansi klorofil daun kacang hijau dilakukan setelah ekstrak daun dicampurkan dengan aseton. Setelah itu, diukur menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 470 nm dan 663,2 nm diulangi sebanyak 5 kali pengukuran. Data pengukuran klorofil a dan klorofil b dipaparkan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.9. Data Pengukuran Absorbansi Klorofil a dan Klorofil b

Perlakuan/ Pengulangan	Pengulangan (Klorofil a mg/ml)					Pengulangan (Klorofil b mg/ml)				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
0 Menit/Kontrol	2,63	3	3	3	3	2,273	2,391	2,391	2,391	2,393
2 menit	3	3	3	3	3	2,893	2,85	2,828	2,857	2,838
5 menit	3	3	3	3	3	2,804	2,784	2,784	2,786	2,788
10 menit	3	3	3	3	3	2,787	2,782	2,782	2,783	2,785

Tabel 4.10. Hasil Uji Anova terhadap Absorbansi Klorofil a Daun Kacang Hijau

klorofil_a	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.033	3	.011	1.000	.441
Within Groups	.087	8	.011		
Total	.120	11			

Tabel 4.11. Hasil Uji Anova terhadap Absorbansi Klorofil b Daun Kacang Hijau

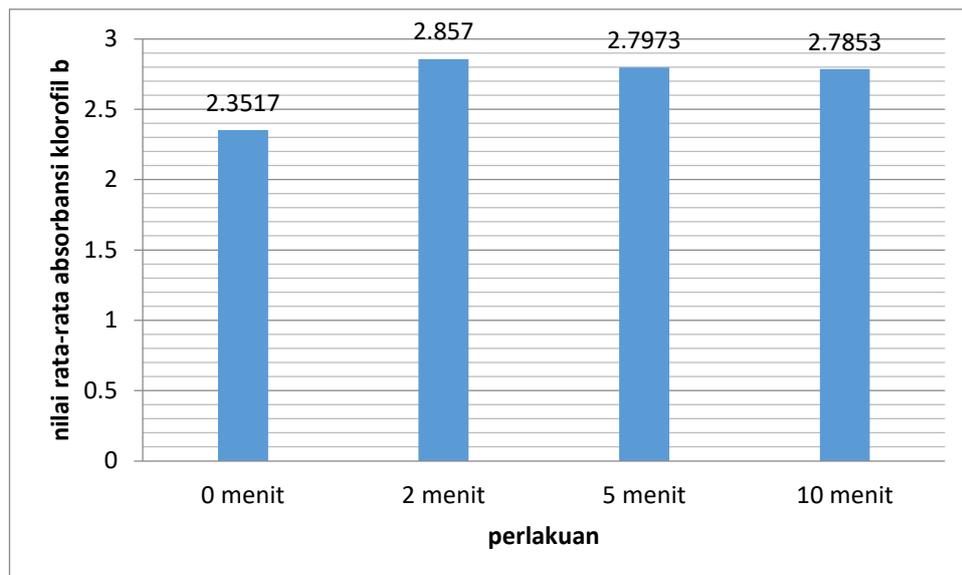
klorofil_b	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.488	3	.163	110.771	.000
Within Groups	.012	8	.001		
Total	.500	11			

Analisis data statistik klorofil a dan klorofil b menggunakan SPSS dengan Uji One Way Anova. Dimana, data pengukuran Klorofil dianalisis dengan uji Anova. Hasil uji anova klorofil a terdapat pada tabel 4.10 yang menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap klorofil a daun kacang hijau dengan nilai signifikan 0,441 maka, H₀ diterima dan H₁ ditolak. Jika, H₀ diterima analisis data statistik dengan Uji Tukey tidak dapat dilanjutkan. Dan hasil uji anova klorofil b terdapat pada tabel 4.11 menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap klorofil b dengan nilai signifikan 0,000 maka, H₀ ditolak dan H₁ diterima. Selanjutnya dilakukan uji Tukey untuk membandingkan rata-rata dari pasangan kelompok data. Hasil uji Tukey dipaparkan dalam tabel berikut:

Tabel 4.12. Hasil Uji Tukey Rata-rata Absorbansi Klorofil b Daun Kacang Hijau

No	Perlakuan	Rata-rata Absorbansi Klorofil b	Notasi
1	0 menit/Kontrol	2,351	a
2	10 menit	2,783	b
3	5 menit	2,790	b
4	2 menit	2,857	b

Keterangan : Perlakuan yang memiliki notasi huruf yang berbeda mempunyai perbedaan nyata



Gambar 4. 4. Grafik Hasil Uji Tukey Rata-rata absorbansi Klorofil b Daun Kacang Hijau

Berdasarkan tabel 4.12 hasil analisis rata-rata absorbansi klorofil b dengan uji Tukey menunjukkan bahwa perlakuan 0 menit tidak memiliki pengaruh nyata terhadap klorofil b dinotasikan dengan huruf a. sedangkan, perlakuan 2 menit, 5 menit dan 10 menit berbeda nyata dengan notasi huruf b. semakin besar notasi maka, semakin terlihat perbedaan disetiap perlakuan. Hal ini diketahui bahwa paparan irradiasi laser He-Ne terhadap pertumbuhan benih kacang hijau berpengaruh nyata terhadap klorofil b daun kacang hijau.

Grafik pada gambar 4.4 terlihat jelas bahwa nilai rata-rata absorbansi klorofil b tertinggi terdapat pada perlakuan 2 menit sebesar 2,857 mg/ml dan terendah terdapat pada perlakuan 0 menit sebesar 2,3517 mg/ml. Klorofil b daun kacang hijau yang diberikan paparan berbeda dengan tanpa paparan irradiasi laser He-Ne. Dimana, klorofil b yang dipaparin mengalami peningkatan nilai rata-rata absorbansi. Kemudian, untuk mengetahui kadar klorofil a, klorofil b dan klorofil total maka dilakukan perhitungan menggunakan persamaan sebagai berikut (Ahmad, 2017);

Klorofil a = 12,21 (A663) – 2,81 (A470)

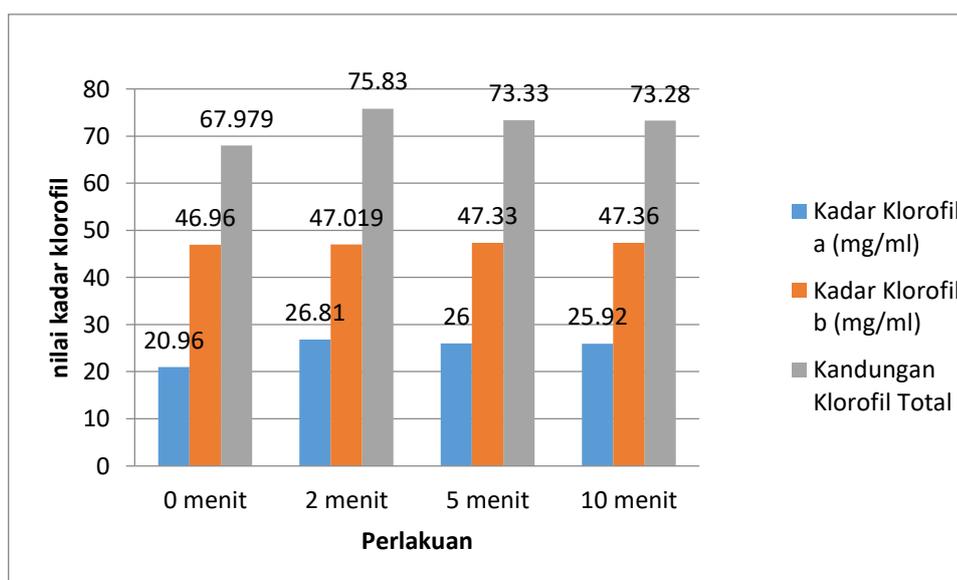
Klorofil b = 20,13 (A470) – 4,68 (A663)

Klorofil Total = klorofil a + klorofil b

Tabel 4.13. Data Hasil Pengukuran Kadar Klorofil Daun Kacang Hijau

Perlakuan	Rata-rata Absorbansi klorofil a	Rata-rata Absorbansi Klorofil b	Kadar Klorofil a (mg/ml)	Kadar Klorofil b (mg/ml)	Kandungan Klorofil Total (mg/ml)
0 menit	2,88	2,351	20,96	46,96	67,979
2 menit	3	2,857	26,81	47,019	75,83
5 menit	3	2,790	26	47,33	73,33
10 menit	3	2,783	25,92	47,36	73,28

Berdasarkan tabel 4.13 terdapat nilai rata-rata absorbansi klorofil a dan b pada setiap perlakuan. Kemudian dilakukan perhitungan (lampiran 2) untuk mendapatkan nilai kadar klorofil a, klorofil b dan klorofil total. Hasil terakhir pada tabel 4.13 menunjukkan bahwa nilai kandungan klorofil total pada perlakuan 0 menit sebesar 67,979%, perlakuan 2 menit sebesar 75,83 %, perlakuan 5 menit sebesar 73,33% dan perlakuan 10 menit sebesar 73,28%.



Gambar 4.5. Grafik Hasil Pengukuran Kadar Klorofil a, b dan Klorofil Total

Analisis data selanjutnya yaitu grafik pada gambar 4.5 bahwa nilai tertinggi kadar klorofil a terdapat pada perlakuan 2 menit yaitu sebesar 26,81 mg/ml dan nilai terendah pada perlakuan 0 menit sebesar 20,96 mg/ml. Sedangkan klorofil b, grafiknya lurus di 1 garis dikarenakan kadar klorofilnya memiliki nilai yang sama. Sedangkan kandungan klorofil total tertinggi pada perlakuan 2 menit sebesar 75,83% dan nilai terendah pada perlakuan 0 menit sebesar 67,979%. Maka, pengaruh iradiasi laser He-Ne pada benih setelah pertumbuhan kacang hijau terhadap kadar klorofil daun kacang hijau berpengaruh pada klorofil b dan daun klorofil a tidak ada pengaruhnya.

4.1.2.2 Data Pengukuran dan Analisis Fenolik Daun Kacang Hijau

Pengukuran absorbansi fenolik didapatkan setelah ekstrak daun kacang hijau dicampurkan dengan methanol dilakuan 5 kali ulangan atau pengukuran. Kemudian nilai absorbansinya diukur menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 765 nm. Data pengukuran absorbansi fenolik daun kacang hijau dipaparkan dalam tabel berikut:

Tabel 4.14. Data Pengukuran Absorbansi Fenolik Daun Kacang Hijau

Perlakuan	Pengulangan (mg/ml)				
	I	II	III	IV	V
0 menit / Kontrol	0,019	0,015	0,018	0,017	0,015
2 menit	0,033	0,032	0,045	0,037	0,040
5 menit	0,038	0,032	0,026	0,035	0,037
10 menit	0,021	0,023	0,024	0,025	0,027

Tabel 4.15. Hasil Uji Anova Rata-rata Absorbansi Fenolik Daun Kacang Hijau

Fenolik	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.001	3	.000	9.708	.005
Within Groups	.000	8	.000		
Total	.001	11			

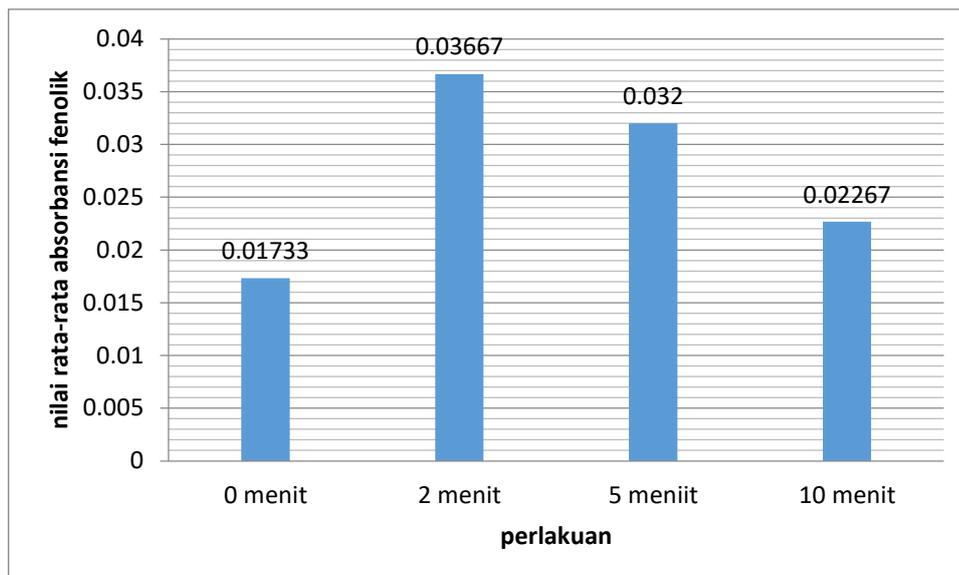
Analisi data statistik rata-rata absorbansi fenolik daun kacang hijau menggunakan uji One Way Anova dengan SPSS. Data pengukuran pada tabel 4.14 dianalisis dengan uji One Way Anova. Hasil uji Anova terhadap rata-rata absorbansi fenolik pada tabel 4.15 menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap rata-rata absorbansi fenolik daun kacang hijau dengan nilai signifikannya 0,005 maka, H₀ ditolak dan H₁ diterima. Selanjutnya dilakukan uji Tukey terhadap rata-rata absorbansi fenolik seperti yang dipaparkan dalam tabel berikut:

Tabel 4.16. Hasil Uji Tukey Rata-rata Absorbansi Fenolik Daun Kacang Hijau

No	Perlakuan	Rata-rata Absorbansi Fenolik (mg/ml)	Notasi
1	0 menit/Kontrol	0,0173	a
2	10 menit	0,0226	ab
3	5 menit	0,032	bc
4	2 menit	0,0366	c

Keterangan : Perlakuan yang memiliki notasi huruf yang berbeda mempunyai perbedaan nyata

Berdasarkan tabel 4.16 hasil uji Tukey rata-rata absorbansi fenolik menunjukkan bahwa perlakuan 0 menit berbeda nyata dengan notasi hurufnya a. Sedangkan, perlakuan 10 menit dinotasikan huruf ab, perlakuan 5 menit dengan huruf BC dan perlakuan 2 menit notasi hurufnya c. Semakin besar notasi huruf yang ditunjukkan maka, nilai rata-rata fenolik semakin besar dan perbedaannya terlihat jelas. Hal ini menunjukkan bahwa fenolik yang diberikan paparan irradiasi laser He-Ne terhadap benih diawal perumbuhan berpengaruh nyata.



Gambar 4. 6. Grafik Hasil Uji Tukey Rata-rata Absorbansi Fenolik Daun Kacang Hijau

Analisis selanjutnya dapat dilihat grafik pada gambar 4.6 yang menunjukkan bahwa nilai rata-rata absorbansi tertinggi terdapat pada perlakuan 2 menit sebesar 0,03667 mg/ml dan terendah terdapat pada perlakuan 0 menit/kontrol sebesar 0,01733 mg/ml. Kemudian untuk mengetahui kadar fenolik total maka dihitung menggunakan persamaan berikut (Dewantara, 2021) :

$$\text{Kadar fenolik total} = \frac{X \cdot VS}{BS} \times 100\%$$

Keterangan:

X = Konsentrasi (mg/ml)

VS = volume sampel (ml)

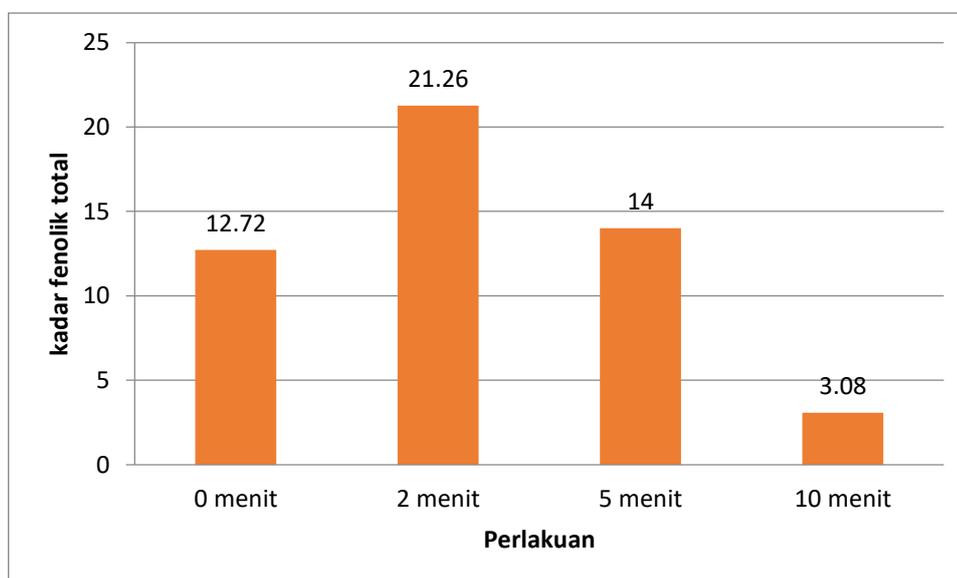
BS = Berat Sampel (gr)

Nilai regresi linier pada kurva standar ditentukan dari data rata-rata absorbansi fenolik pada tabel 4.17 dengan persamaan $y = 0,0011x + 0,0243$ dan $R^2 = 0,0279$ (lampiran 2-1). Hasil perhitungan kadar fenolik total diperoleh seperti yang dipaparkan pada tabel berikut:

Tabel 4.17. Hasil Perhitungan Rata-rata Absorbansi dan Kadar Fenolik Total

Perlakuan	Kadar Fenolik Total %
0 menit/kontrl	12,72
2 menit	21,26
5 menit	14
10 menit	3,08

Hasil pada tabel 4.17 terdiri dari hasil rata-rata absorbansi fenolik dan presentase kadar fenolik total. Berdasarkan tabel tersebut kadar fenolik pada perlakuan 0 menit sebesar 12,72%, perlakuan 2 menit sebesar 21,26%, perlakuan 5 menit sebesar 14% dan perlakuan 10 menit sebesar 3,08%. Dimana presentase kadar fenolik pada perlakuan memiliki rentang yang jauh dari perlakuan 0 menit, 5 menit dan 10 menit. Sedangkan untuk rata-rata absorbansi fenolik memiliki nilai rata-rata yang sama atau mendekati seperti yang dilihat pada tabel 4.17.



Gambar 4.7. Grafik Hasil Perhitungan Kadar Fenolik Total

Analisis data berikutnya diperjelas dengan grafik pada gambar 4.7, bahwa grafik tersebut menunjukkan hubungan perlakuan dengan kadar fenolik total. Presentase kadar fenolik tertinggi terdapat pada perlakuan 2 menit sebesar 21,26%

dan presentase terendah kadar fenolik pada perlakuan 10 menit sebesar 3,08%. Grafik 4.7 menunjukkan bahwa semakin lama paparan iradiasi yang diberikan akan mengalami penurunan presentase kadar fenolik total seperti yang terlihat pada grafik diatas.

4.1.2.3 Data Pengukuran dan Analisis Flavonoid Daun Kacang Hijau

Pengukuran absorbansi flavonoid dilakukan setelah ekstrak daun kacang hijau dicampurkan dengan ethanol, pengulangan atau pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali. Kemudian, diukur menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 663,2 nm. Data yang diperoleh yaitu nilai absorbansi flavonoid daun kacang hijau. Data pengukuran absorbansi flavonoid daun kacang hijau dipaparkan dalam tabel berikut:

Tabel 4.18. Data Pengukuran Absorbansi Flavonoid Daun Kacang Hijau

Perlakuan	Pengulangan (mg/ml)				
	I	II	III	IV	V
0 menit/kontrol	0,298	0,343	0,39	0,345	0,353
2 menit	1,407	1,225	0,718	0,959	0,978
5 menit	1,145	0,66	0,7	0,785	0,897
10 menit	0,304	0,388	0,297	0,399	0,437

Tabel 4.19. Hasil Uji Anova Absorbansi Flavonoid Daun Kacang Hijau

flavonoid	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.345	3	.448	8.763	.007
Within Groups	.409	8	.051		
Total	1.754	11			

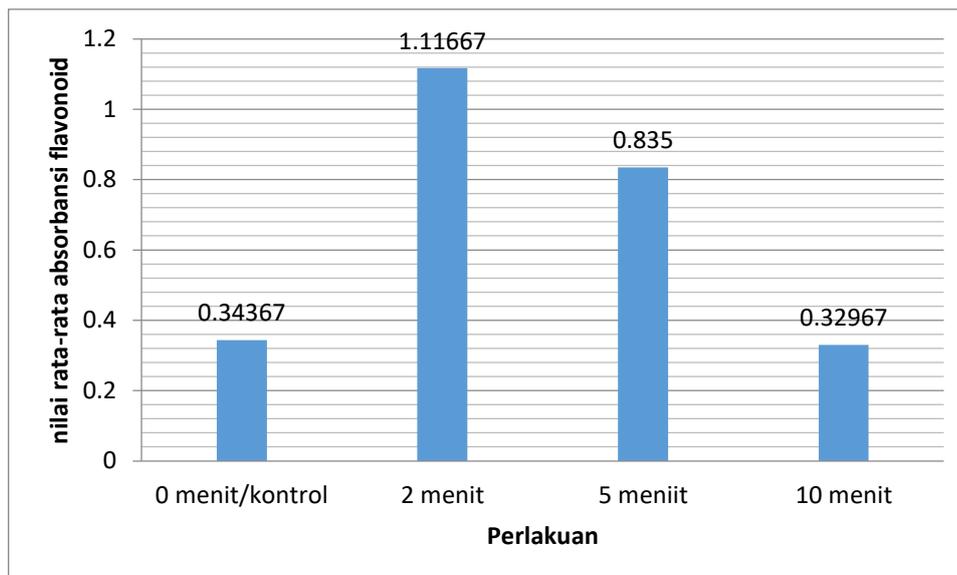
Analisis data statistik rata-rata absorbansi flavonoid dengan uji One Way Anova menggunakan SPSS. Hasil uji Anova data pengukuran absorbansi flavonoid terdapat pada tabel 4.19 yang menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap absorbansi flavonoid dengan nilai signifikan 0,007. Maka, H₀ ditolak dan H₁ diterima. Selanjutnya dilakukan uji Tukey untuk membandingkan nilai rata-rata dari masing-masing data. Hasil uji Tukey nilai rata-rata absorbansi flavonoid dipaparkan dalam tabel berikut:

Tabel 4.20. Hasil Uji Tukey Rata-rata Absorbansi Flavonoid Daun Kacang Hijau

No	Perlakuan	Rata-rata absorbansi Flavonoid (mg/ml)	Notasi
1	0 menit/Kontrol	0,347	a
2	10 menit	0,329	a
3	5 menit	0,835	ab
4	2 menit	1,116	b

Keterangan: Perlakuan yang memiliki notasi huruf yang berbeda mempunyai perbedaan nyata

Berdasarkan tabel 4.20 hasil uji Tukey menunjukkan bahwa perlakuan 0 menit dan 10 menit dinotasikan dengan huruf a. Sedangkan perlakuan 5 menit dinotasikan dengan huruf ab dan perlakuan 2 menit dengan huruf b. Semakin besar notasi yang diperoleh maka, perlakuan semakin terlihat berbeda nyata terhadap rata-rata absorbansi flavonoid daun kacang hijau.



Gambar 4.8. Grafik Hasil Uji Tukey Rata-rata Absorbansi Flavonoid Daun Kacang Hijau

Grafik pada gambar 4.8 menunjukkan bahwa nilai rata-rata absorbansi flavonoid tertinggi terdapat pada perlakuan 2 menit dan nilai rata-rata terendah terdapat pada perlakuan 10 menit. Hal ini membuktikan bahwa irradiasi laser He-Ne terhadap benih setelah pertumbuhan berpengaruh pada rata-rata absorbansi flavonoid daun kacang hijau diperlakukan 2 menit. Namun, semakin lama waktu paparan diberikan maka rata-rata absorbansi flavonoid menurun seperti yang terlihat jelas pada grafik diatas. Kemudian, kandungan kadar flavonoid ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut (Puspita, 2021):

$$\text{Kadar flavonoid total} = \frac{X \cdot VS}{BS} \times 100\%$$

Keterangan:

X = Konsentrasi (mg/ml)

VS = volume sampel (ml)

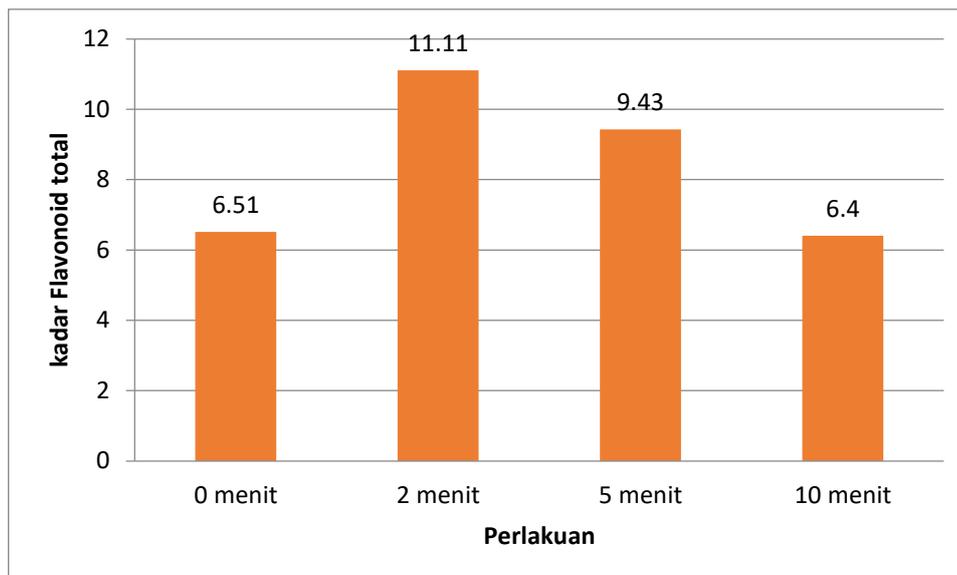
BS = Berat Sampel (gr)

Nilai regresi linier pada kurva standart diperoleh dari data rata-rata absorbansi flavonoid pada tabel 4.21 dengan persamaan $y = 0,0334x + 0,7405$ dan $R^2 = 0,0125$ (lampiran 2-1). Hasil perhitungan kadar flavonoid di paparkan dalam tabel berikut:

Tabel 4.21. Data Perhitungan Rata-rata Absorbansi dan Kadar Flavonoid

Perlakuan	Kadar Flavonoid %
0 menit/kontrol	6,51
2 menit	11,11
5 menit	9,43
10 menit	6,4

Tabel 4.21 merupakan data rata-rata absorbansi flavonoid dan presentase kadar flavonoid. Presentase kadar flavonoid pada perlakuan 0 menit sebesar 6,51%, perlakuan 2 menit sebesar 11,11%, perlakuan 5 menit sebesar 9,43%, dan perlakuan 10 menit sebesar 6,45%. Waktu paparan iradiasi laser berpengaruh terhadap presentase kadar flavonoid daun kacang hijau, dimana bisa dibandingkan antara perlakuan 0 menit atau kontrol dengan perlakuan 2 menit. Presentase kadar flavonoid mengalami peningkatan pada perlakuan 2 menit (6,51% menjadi 11,11%), seperti yang ditunjukkan oleh tabel 4.21.



Gambar 4.9. Grafik Hasil Perhitungan Kadar Flavonoid

Berdasarkan grafik pada gambar 4.9 menunjukkan bahwa nilai tertinggi kadar flavonoid terdapat pada perlakuan 2 menit dan nilai terendah kadar flavonoid pada perlakuan 10 menit. Hal ini menunjukkan semakin lama waktu paparan iradiasi laser He-Ne pada benih, setelah pertumbuhan presentase kadar flavonoid pada perlakuan 10 menit semakin turun dari perlakuan 0 menit. Jadi waktu paparan yang lama menjadi kurang efektif untuk presentase kadar flavonoid, seperti grafik yang terlihat pada gambar 4.9.

4.1.2.4 Data Pengukuran dan Analisis Kandungan Antosianin Biji Kacang

Hijau

Kandungan antosianin diperoleh dari ekstrak biji kacang hijau yang dicampurkan dengan methanol dan pengukuran absorbansinya dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan atau pengukuran. Kemudian, diukur menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 536 nm. Data pengukuran yang diperoleh yaitu nilai absorbansi antosianin biji kacang hijau sebagaimana dipaparkan dalam tabel berikut:

Tabel 4.22. Data Pengukuran Absorbansi Kandungan Antosianin Biji Kacang Hijau

Perlakuan	Pengulangan (mg/ml)				
	I	II	III	IV	V
0 menit/Kontrol	0,033	0,013	0,009	0,032	0,012
2 menit	0,17	0,154	0,164	0,19	0,187
5 menit	0,017	0,024	0,192	0,173	0,031
10 menit	0,01	0,017	0,014	0,019	0,023

Tabel 4.23. Hasil Uji Anova Absorbansi Kandungan Antosianin Biji Kacang Hijau

Antosianin	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.043	3	.014	5.755	.021
Within Groups	.020	8	.003		
Total	.064	11			

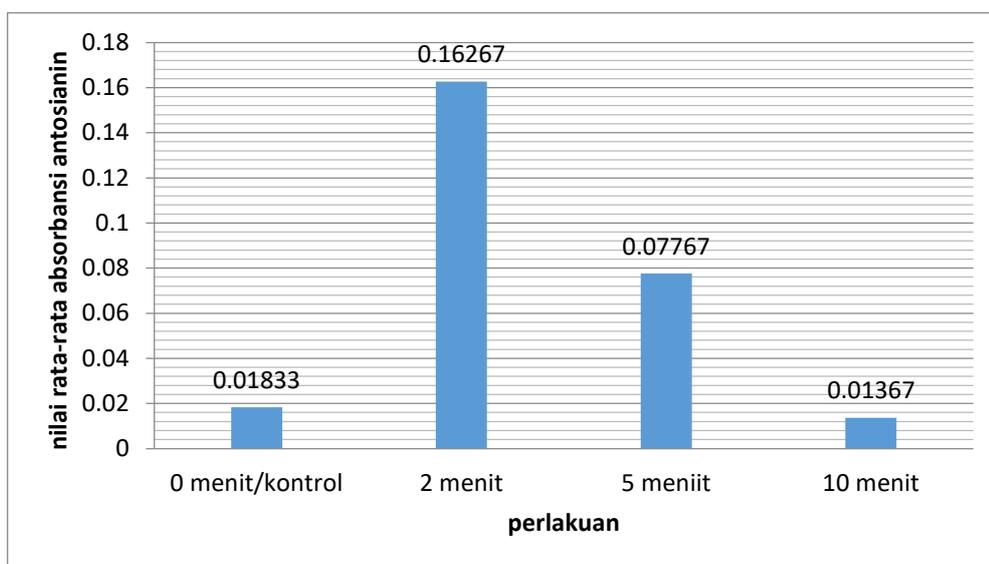
Analisis data statistik kandungan antosianin tabel 4.22 menggunakan uji One Way Anovadengan SPSS. Hasil uji Anovanya menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh terhadap absorbansi kandungan antosianin biji kacang hijau dengan nilai signifikan 0,021 maka, H0 ditolak dan H1 diterima. Selanjutnya dilakukan uji Tukey untuk membandingkan rata-rata dari masing-masing data. Hasil uji Tukey rata-rata kandungan antosianin dipaparkan dalam tabel berikut:

Tabel 4.24. Hasil Uji Tukey Rata-rata Absorbansi Kandungan Antosianin Biji Kacang Hijau

No	Perlakuan	Rata-rata abs Antosianin (mg/ml)	Notasi
1	10 menit	0,01	a
2	0 menit/Kontrol	0,02	a
3	5 menit	0,08	ab
4	2 menit	0,16	b

Keterangan: Perlakuan yang memiliki notasi huruf yang berbeda mempunyai perbedaan nyata

Berdasarkan tabel 4.24 hasil uji Tukey menunjukkan bahwa perbedaan antara perlakuan terhadap rata-rata absorbansi kandungan antosianin dinotasikan dengan huruf. Perlakuan 0 menit dan 10 menit memiliki nilai notasi huruf yang sama yaitu a. Sedangkan, perlakuan 5 menit dengan notasi huruf ab dan perlakuan 2 menit dengan notasi huruf b. semakin besar notasi yang diperoleh maka nilainya semakin besar dan perbedaannya terlihat jelas.



Gambar 4.10. Grafik Hasil Uji Tukey Rata-rata Absorbansi Kandungan Antosianin Biji Kacang Hijau

Grafik pada gambar 4.10 menunjukkan bahwa nilai rata-rata absorbansi tertinggi terdapat pada perlakuan 2 menit dan nilai rata-rata absorbansi kandungan antosianin terendah terdapat pada perlakuan 10 menit, seperti yang terlihat jelas pada grafik gambar 4.10. Hal ini menunjukkan bahwa irradiasi laser He-Ne terhadap benih setelah pertumbuhan berpengaruh pada rata-rata absorbansi kandungan antosianin biji kacang hijau dengan perlakuan 2 menit. Namun, jika waktu paparan semakin lama memberikan efek kerusakan terhadap kandungan antosianin biji kacang hijau. Perhitungan kadar antosianin ditentukan dengan persamaan sebagai berikut (Asropah, 2019):

$$\text{Kadar Antosianin} = \frac{A}{\varepsilon \times L} MW \frac{vd}{W} 100\%$$

Keterangan:

ε = absorptivitas molar sanidin-3-glukosida (26.900 L/mol.)

L = lebar kuvet (1 cm)

MW = berat molekul (449,2 g/mol)

vd = volume akhir pengenceran

Wd = Berat sampel

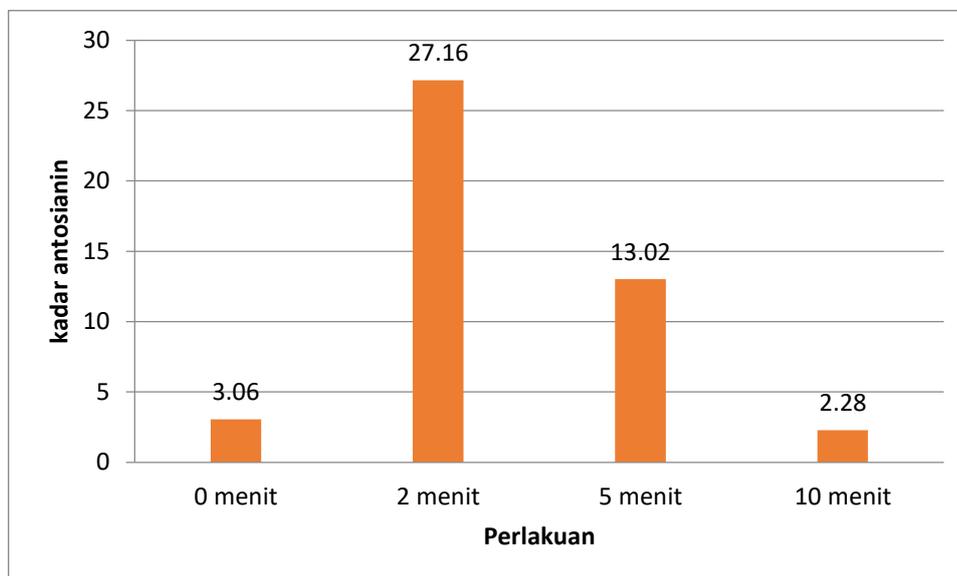
Hasil perhitungan kadar kandungan antosianin daun kacang hijau (lampiran 2-2) dipaparkan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.25. Hasil Perhitungan Rata-rata Absorbansi dan Kadar Kandungan Antosianin

Perlakuan	Kadar Antosianin %
0 menit/kontrol	3,06
2 menit	27,16
5 menit	13,02
10 menit	2,28

Tabel 4.12 merupakan hasil rata-rata absorbansi antosianin dan presentase kadar antosianin. Kadar antosiani pada perlakuan 0 menit sebesar 3,06%, perlakuan 2 menit sebesar 27,16%, perlakuan 5 menit sebesar 13,02% dan perlakuan 10 menit sebesar 2,28%. Grafik pada gambar 4.11 bahwa nilai kadar antosianin tertinggi terdapat pada perlakuan 2 menit sebesar 27,16% dan nilai terendah kadar antosiani terdapat pada perlakuan 10 menit sebesar 2,28% seperti terlihat jelas pada grafik gambar 4.11. Hal ini menunjukkan bahwa irradiasi laser He-Ne berpengaruh nyata dan baik terhadap kadar antosianin diperlakuan 2 menit. Namun, semakin lama waktu paparan yang diberikan dapat menimbulkan

kerusakan kadar antosianin biji kacang hijau, seperti pada perlakuan 10 menit kadar antosianin menurun menjadi 2,28%. Dimana, kadar antosianin tanpa paparan atau kontrol sebesar 3,06%.



Gambar 4.11. Grafik Hasil Perhitungan Kadar Antosianin Daun Kacang Hijau

4.1.2.5 Data Pengukuran dan Analisis Protein Biji Kacang Hijau

Protein biji kacang hijau diperoleh setelah ekstrak biji dicampurkan dengan larutan buffer dan dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan atau pengukuran. Pengukuran absorbansi protein menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 595 nm. Data pengukuran absorbansi protein biji kacang hijau dipaparkan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.26. Data Pengukuran Absorbansi Protein Biji Kacang Hijau

Perlakuan	Pengulangan (mg/ml)				
	I	II	III	IV	V
0 menit/Kontrol	0,394	0,455	0,61	0,531	0,475
2 menit	1,218	1,341	0,996	1,131	0,978
5 menit	0,663	0,629	0,52	0,785	0,691
10 menit	0,378	0,655	0,223	0,593	0,459

Tabel 4. 27. Hasil Uji Anova Absorbansi Protein Biji Kacang Hijau

protein	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.099	3	.366	15.197	.001
Within Groups	.193	8	.024		
Total	1.292	11			

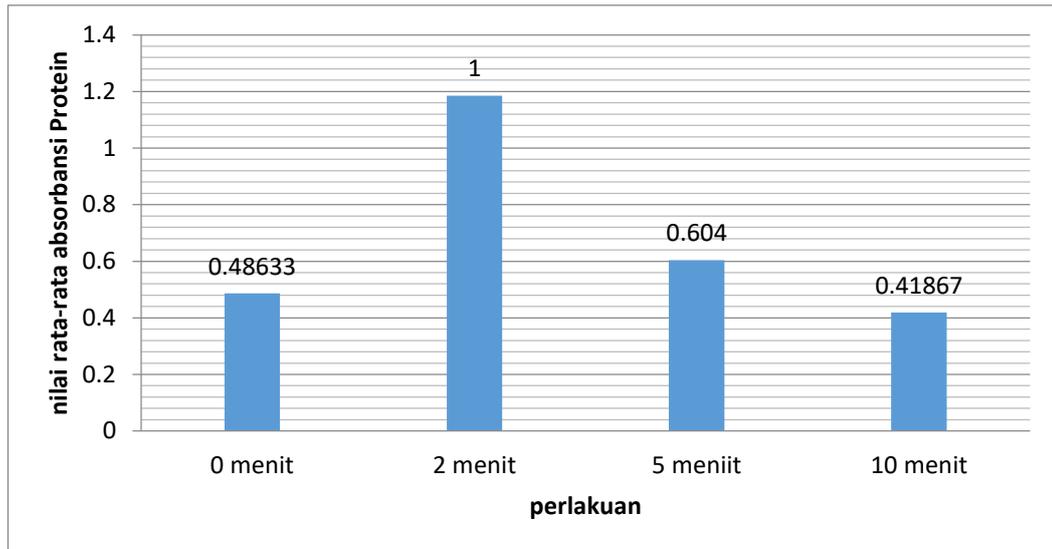
Analisis data statistik absorbansi protein menggunakan uji One Way Anovadengan SPSS. Data pengukuran absorbansi protein pada tabel 4.26 diperoleh hasil uji Anova absorbansi protein. Hasil uji Anovanya membuktikan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap protein biji kacang hijau dengan nilai signifikan 0,001. Selanjutnya dilakukan uji Tukey untuk membandingkan rata-rata dari masing-masing data. Hasil uji Tukey rata-rata absorbansi protein dipaparkan dalam tabel berikut:

Tabel 4.28. Hasil Uji Tukey Rata-rata Absorbansi Protein Biji Kacang Hijau

No	Perlakuan	Rata-rata abs Protein (mg/ml)	Notasi
1	10 menit	0,418	a
2	0 menit/Kontrol	0,486	a
3	5 menit	0,604	a
4	2 menit	1,185	b

Keterangan: Perlakuan dengan notasi huruf yang berbeda mempunyai perbedaan nyata

Berdasarkan tabel 4.28 hasil uji Tukey menunjukkan bahwa perbedaan perlakuan terhadap rata-rata absorbansi protein disimbolkan dengan notasi huruf. Dimana, perlakuan 0 menit, 5 menit dan 10 menit memiliki nilai notasi huruf yang sama yaitu a. Sedangkan, perlakuan 2 menit dinotasikan dengan huruf b. Semakin besar notasi huruf yang diperoleh maka, nilai rata-rata protein semakin besar dan berbeda nyata. Hal ini menunjukkan bahwa irradiasi berpengaruh terhadap protein biji kacang hijau.



Gambar 4. 12. Grafik Hasil Uji Tukey Rata-rata Absorbansi Protein Biji Kacang Hijau

Grafik pada gambar 4.12 menunjukkan bahwa nilai rata-rata absorbansi protein tertinggi terdapat pada perlakuan 2 menit dan nilai rata-rata absorbansi terendah terdapat pada perlakuan 10 menit, seperti terlihat jelas pada grafik diatas. Hal ini menunjukkan bahwa irradiasi laser He-Ne berpengaruh terhadap protein diperlakukan 2 menit. Namun, semakin lama waktu paparan diberikan pada benih setelah pertumbuhan mengakibatkan protein biji kacang hijau menurun. Penurunan nilai rata-rata protein dapat dilihat dari perlakuan 0 menit ke perlakuan 10 menit, seperti yang ditunjukkan grafik pada gambar 4.12. Kemudian, perhitungan kadar protein ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut(Sarita, 2021):

$$\text{kadar Protein} = \frac{C \times FP \times V}{BS} \times 100\%$$

Keterangan:

C/X = Konsentrasi ($\mu\text{m/ml}$)

FP = faktor pengenceran

V = volume air yang ditambahkan (ml)

BS = berat sampel (g)

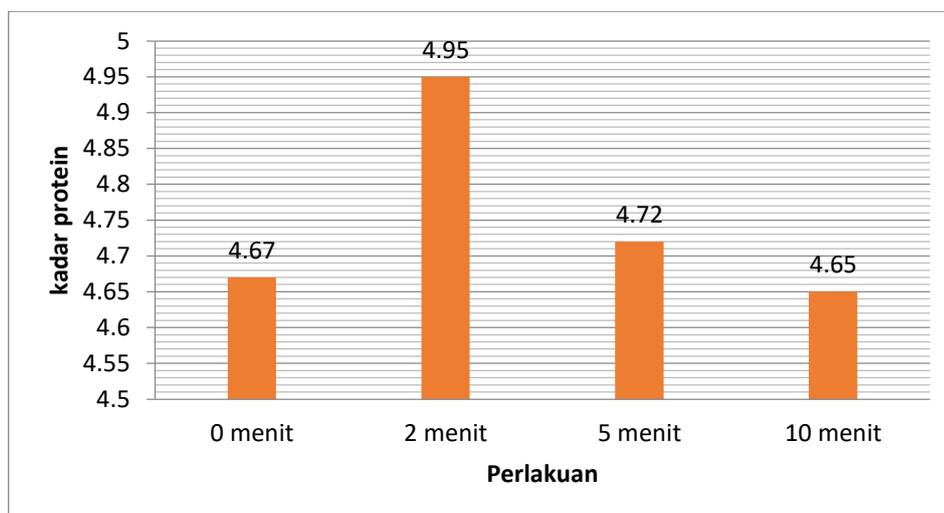
Nilai regresi liner pada kurva standar diperoleh dari data rata-rata absorbansi protein pada tabel 4.29 dimana $y = 0,0774x + 0,8678$ dan $R^2 = 0,0821$.

Kemudian, hasil perhitungan kadar protein dipaparkan dalam tabel berikut:

Tabel 4 .29. Hasil Perhitungan Rata-rata Absorbansi dan Kadar Protein

Perlakuan	Kadar Protein %
0 menit/kontrol	4,67
2 menit	4,95
5 menit	4,72
10 menit	4,65

Berdasarkan tabel 4.29 presentase kadar protein biji kacang hijau pada perlakuan 0 menit sebesar 4,67%, perlakuan 2 menit sebesar 4,95%, perlakuan 5 menit sebesar 4,72% dan perlakuan 10 menit sebesar 4,65%. Grafik pada gambar 4.13 menunjukkan bahwa nilai tertinggi presentase kadar protein terdapat pada perlakuan 2 menit sebesar 4,95% dan nilai terendah nya terdapat pada perlakuan 10 menit sebesar 4,65%. Hal ini membuktikan bahwa irradiasi laser He-Ne berpengaruh pada presentase kadar protein pada perlakuan 2 menit. Namun, mengalami penurunan kadar protein dari 4,67% pada perlakuan 0 menit ke 4,65% pada perlakuan 10 menit, seperti yang terlihat jelas digrafik.



Gambar 4.13. Grafik Rata-rata Absorbansi Kadar protein

4.1.2.6 Data Pengukuran dan Analisis Glukosa Biji Kacang Hijau

Pengukuran glukosa dilakukan setelah ekstrak biji kacang hijau dicampurkan dengan reagen DNS dan dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan atau pengukuran. Nilai absorbansinya diukur menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 540 nm. Data pengukuran absorbansi glukosa dipaparkan dalam tabel berikut:

Tabel 4.30. Data Pengukuran Absorbansi Glukosa Biji Kacang Hijau

Perlakuan	Pengulangan (mg/ml)				
	I	II	III	IV	V
0 menit / kontrol	0,692	0,786	0,435	0,471	0,572
2 menit	1,492	1,375	0,851	0,975	1,198
5 menit	1,297	0,766	0,779	0,892	0,993
10 menit	1,072	0,507	0,293	0,779	0,678

Tabel 4.31. Hasil Uji Anova Absorbansi Glukosa Biji Kacang Hijau

Glukosa	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.770	3	.257	2.546	.129
Within Groups	.807	8	.101		
Total	1.576	11			

Analisis data statistik absorbansi glukosa dengan uji One Way Anovamenggunakan SPSS. Dimana, hasil uji Anova pada tabel 4.31 menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap absorbansi glukosa biji kacang hijau. Karena, nilai signifikan-nya 0,129 maka, H1 ditolak dan H0 diterima. Jadi, absorbansi glukosa tidak dapat dilanjutkan ke uji Tukey. Kemudian, untuk mengetahui kadar glukosa dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Sari, 2020):

$$\text{kadar Glukosa} = \frac{X \times FP \times V}{BS} \times 100\%$$

Keterangan:

X = Konsentrasi ($\mu\text{m/ml}$)

FP = faktor pengenceran

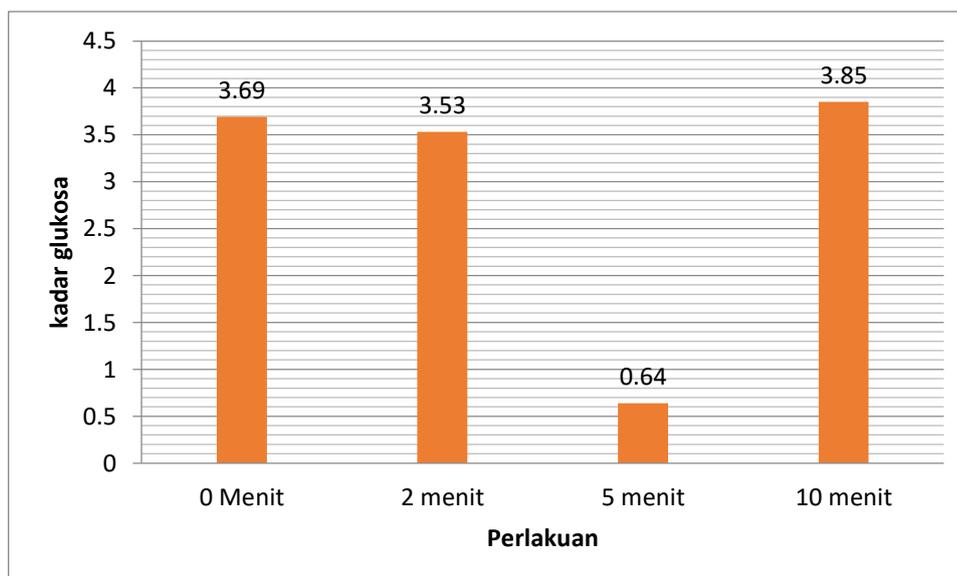
V = volume air yang ditambahkan (ml)

BS = berat sampel (g)

Kurva standart diperoleh dari data rata-rata absorbansi glukosa pada tabel 4.32 untuk menentukan nilai regresi linernya dan persamaannya yaitu; $y = 0,0334x + 0,9453$ dan $R^2 = 0,0216$. Hasil perhitungan presentase kadar glukosa biji kacang hijau dipaparkan dalam tabel berikut:

Tabel 4.32. Data Hasil Perhitungan Rata-rata Absorbansi dan Kadar Glukosa

Perlakuan	Rata-rata Absorbansi Glukosa (mg/ml)	Kadar Glukosa %
0 Menit/kontrol	0,637	3,69
2 menit	1,239	3,53
5 menit	0,947	0,64
10 menit	0,624	3,85



Gambar 4.14. Grafik Hasil Perhitungan Kadar Glukosa Biji Kacang Hijau

Tabel 4.32 merupakan hasil rata-rata absorbansi glukosa biji kacang hijau dan presentase kadar glukosa. Nilai presentase kadar glukosa pada perlakuan 0 menit sebesar 3,69%, perlakuan 2 sebesar 3,53%, perlakuan 4 menit sebesar 0,64% dan pada perlakuan 10 menit sebesar 3,85%. Dan grafik pada gambar 4.14 menunjukkan bahwa presentase kadar glukosa tertinggi terdapat pada perlakuan 10 menit sebesar 3,85% dan nilai terendah terdapat pada 0 menit/kontrol sebesar 0,64%. Hal ini menunjukkan bahwa irradiasi laser He-Ne berpengaruh pada kadar glukosa diperlakuan 10 menit dan semakin mengalami penurunan diperlakuan 5 menit.

4.2 Pembahasan

Paparan iradiasi laser He-Ne pada benih kacang hijau diawal pertumbuhan menunjukkan pengaruh positif terhadap tinggi batang, jumlah daun dan jumlah polong. Efek iradiasi laser He-Ne pada pertumbuhan kacang hijau berpengaruh positif terhadap metabolisme daun dan biji kacang hijau seperti pada klorofil b, fenolik, flavonoid, kandungan antosianin, dan protein. Namun, berpengaruh negatif terhadap klorofil a dan glukosa pada interval waktu paparan 10 menit. Dwi Indah (2021) menjelaskan bahwa pertumbuhan dan perkembangan tanaman dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal yang mempengaruhi berasal dari tubuh tumbuhan seperti genetika dan hormon tumbuhan. Gen berfungsi untuk mengatur sintesis enzim pengendali proses kimia dalam sel dan hormon merupakan senyawa organik tumbuhan yang mampu menimbulkan respon fisiologi pada tumbuhan. Sedangkan faktor eksternal berasal dari lingkungan seperti cahaya, nutrisi, air, pH tanah, kelembaban, temperatur, curah hujan dan lain-lain. Hasil penelitian iradiasi laser He-Ne menunjukkan bahwa

semakin lama waktu paparan terhadap benih menyebabkan menurunnya morfologi dan metabolisme-nya. Semakin tinggi energi radiasi laser dan lama waktu paparan menimbulkan kerusakan terhadap fisiologi dan kematian sel pada benih (Lestari et al, 2021).

Waktu iradiasi yang terlalu lama akan berpengaruh terhadap aktivitas sel-sel daun dalam mengurangi transportasi sehingga menghambatnya pertumbuhan tanaman. Apabila waktu paparan iradiasi terlalu lama dan tidak stabil, maka fotokimia yang abnormal akan terjadi dan diikuti oleh adanya perombakan bermacam-macam dari komponen sel termasuk klorofil dan lain-lain. Akan tetapi cahaya merupakan faktor penting berlangsungnya fotosintesis, sementara fotosintesis merupakan proses yang utama dapat berlangsungnya proses metabolisme yang lain di dalam tanaman dan Kelembaban udara yang terlalu tinggi akan menghambat pertumbuhan pembungaan tanaman dan dapat mempengaruhi proses fotosintesis (Naomi et al, 2018).

Viabilitas benih dapat semakin menurun searah dengan lamanya waktu paparan iradiasi yang dilakukan pada benih. Penurunan daya tumbuh benih akibat perlakuan induksi mutasi yang kemungkinan disebabkan terjadinya kerusakan komponen pokok sel atau aktivitas enzim pada tumbuhan kacang hijau. Besarnya dosis iradiasi dalam membentuk keragaman dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satunya yaitu ukuran bahan atau benih (Genotipe et al., 2017). Seperti dinyatakan Venchy (2018) bahwa dosis atau lama paparan iradiasi yang dibutuhkan untuk membentuk keragaman semakin tinggi bergantung kepada jenis tanaman, fase tumbuh, ukuran, kekerasan, dan bahan/objek yang diiradiasi (Banafanu et al., 2018).

Rayno Vic B menyatakan bahwa sinar laser He-Ne rendah meningkatkan tinggi tanaman dan panjang akar bibit. Karena peningkatan energi internal benih sebagai akibat dari iradiasi laser, aktivitas enzim yang dipercepat mendorong pembelahan sel selama benih berkecambah. Peningkatan bio-stimulasi laser telah ditetapkan tergantung pada panjang gelombang yang diterapkan, waktu iradiasi dan dosis radiasi. Hasil yang lebih baik dikaitkan dengan fitokrom fotoreseptor kacang hijau yang memiliki kepekaan lebih terhadap cahaya merah. Pada respon fitokrom benih memiliki refleksi yang meningkat pada 632.8 nm adalah faktor dominan dalam hal mendorong perkembangan bibit (Janayon & Guerrero, 2019). Karakteristik pertumbuhan yang lebih baik adalah perlakuan laser menyebabkan variasi suhu pada benih, yang dapat menyebabkan peningkatan entropi dan energi internal benih (Triticumaestivum et al., 2019).

Kandungan klorofil b daun kacang hijau pada hasil penelitian ini mengalami peningkatan baik secara alami, dimana proses fotosintesis terhadap daun stabil dengan perlakuan iradiasi laser He-Ne pada benih setelah pertumbuhan. Sebagaimana Naomi (2018) menjelaskan bahwa proses fotosintesis membutuhkan klorofil, maka klorofil umumnya disintesis pada daun untuk menangkap cahaya matahari yang jumlahnya berbeda pada tiap spesies tergantung dari faktor lingkungan dan genetiknya. Faktor-faktor yang mempengaruhi klorofil yaitu; cahaya, gula, air, temperature, faktor genetic dan unsur-unsur nitrogen, magnesium, besi, Cu, Zn, Sulfur, dan oksigen (Naomi et al., 2018; Udayana et al., n.d.).

Kandungan kadar fenolik daun kacang hijau pada interval waktu paparan 2 menit mengalami peningkatan sebesar 21,26% dari 12,72% pada waktu 0 menit

atau kontrol. Sedangkan penelitian tentang kandungan total fenol pada kecambah kacang lainnya dilakukan Nurung (2016) yang menemukan bahwa kecambah kacang hijau mengandung total fenol sebesar 1.33%. Senyawa fenolik meliputi aneka ragam senyawa yang berasal dari tumbuhan yang mempunyai ciri sama, yaitu cincin aromatic yang mengandung satu atau dua gugus OH⁻. Senyawa fenolik banyak ditemukan di semua tanaman, daun, bunga dan buah yang mana strukturnya diketahui (Putri et al., 2021). Namun disebabkan waktu iradiasi laser terhadap benih terlalu lama menyebabkan sebagian struktur fenol rusak dan mengalami penurunan fenol dan terjadi pada kadar fenolik dengan waktu 10 menit mengalami penurunan sebesar 3,08% (Diniyah & Lee, 2020).

Flavonoid merupakan jenis senyawa fenolik yang diketahui memiliki aktivitas antioksidan. Penelitian sebelumnya menyampaikan bahwa biji dan daun kacang hijau mengandung senyawa-senyawa flavonoid yang aktif sebagai antioksidan. Hasil penelitian ini menunjukkan flavonoid ekstrak ethanol mengalami peningkatan kadar flavonoid setelah dilakukan iradiasi laser He-Ne benih pada pertumbuhan kacang hijau. Nanang (2020) menjelaskan bahwa dengan perlakuan Kontrol kadar flavonoid pada daun dengan ekstrak air lebih tinggi dari pada ekstrak ethanol dan biji kacang hijau memiliki kadar flavonoid lebih tinggi dibandingkan dengan daun kacang hijau (Fakhrudin et al., 2020).

Kestabilan kandungan antosianin dipengaruhi beberapa faktor antara lain suhu, lama pencampuran dan penanganan lain. Faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi peningkatan kandungan antosianin pada biji kacang hijau. Penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kadar antosiani pada interval waktu 2 menit. Kandungan antosianin memiliki sifat hidrofilik yaitu

mudah larut dalam air. Enzim menghidrolisis sebagian zat cadangan menjadi energi dan menurunkan senyawa larut yang digunakan dalam memproduksi sel jaringan (Rizka Erwinda Sari et al., 2020). Kerusakan enzim dapat terjadi akibat penambahan molekul air yang banyak. Pada penelitian sebelumnya melaporkan bahwa kandungan antosianin pada perkecambahan kacang-kacangan semakin lama dilakukannya perkecambahan maka kadar antosianin semakin meningkat (Asropah et al., 2019).

Kandungan protein biji kacang hijau pada perlakuan 10 menit mengalami penurunan disebabkan terjadinya kerusakan pembentukan asam-amino essential yang merupakan penyusun protein biji kacang hijau. Dikarenakan, waktu paparan iradiasi terhadap benih terlalu lama mengakibatkan kerusakan sel pada awal pertumbuhan. Akan tetapi pada perlakuan 2 menit kadar protein biji kacang hijau meningkat sebesar 4,96%. Kadar protein pada perkecambahan biji kacang hijau lebih banyak dilaporkan, salah satu pada penelitian Sri Anggrahini (2020) menjelaskan bahwa selama perkecambahan akan terjadi peningkatan jumlah enzim lipase dan emilase yang digunakan untuk mendegradasi lemak dan karbohidrat menjadi komponen metabolic yang diperlukan untuk pertumbuhan biji. Protein merupakan komponen dari enzim, sehingga apabila selama perkecambahan terjadi peningkatan jumlah enzim maka protein juga akan meningkat (Saati et al., 2021) (et al., 2020).

Pengukuran kadar glukosa terhadap biji kacang hijau pada perlakuan 10 menit menghasilkan glukosa yang lebih tinggi. Namun, semakin lama waktu paparan iradiasi benih memberikan efek yang mampu merusak ikatan struktur utama glukosa. Amalia (2016) menjelaskan bahwa semakin lamanya waktu

paparan iradiasi, maka kadar glukosa yang dihasilkan semakin rendah karena penurunan aktivitas produksi enzim selulase oleh *Trichoderma reesei* semakin menurun dengan lama waktu iradiasi yang diberikan. Oleh karena itu, waktu paparan iradiasi yang stabil untuk peningkatan kadar glukosa yaitu perlakuan 10 menit dan mengalami penurunan pada waktu 5 menit sebesar 0,64% (Amalia Briliansari et al., 2016).

4.3 Kajian Hasil Penelitian Dalam Perspektif Islam

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh iradiasi laser He-Ne terhadap pertumbuhan dan peningkatan metabolisme kacang hijau. Radiasi adalah energi yang di lepaskan, baik dalam gelombang maupun partikel. Laser termasuk radiasi elektromagnetik yang dihasilkan oleh atom-atom karena adanya perubahan energi pada beberapa material. Pancaran laser biasanya tunggal dan memancarkan foton dalam pancaran koheren. Energi cahaya daerah tampak dengan panjang gelombang tertentu antara 400-750 nm mempunyai energi tertentu. Allah swt sudah menjelaskan tentang atom atau partikel dalam Al-Qur'an, yaitu surah al-Zalzalah ayat 7-8;

فَمَنْ يَعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ خَيْرًا يَرَهُ وَمَنْ يَعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ شَرًّا يَرَهُ

Artinya; “Maka barang siapa mengerjakan kebaikan seberat zarah, niscaya dia akan melihat (balasa)-nya. Dan barang siapa mengerjakan kejahatan seberat zarah, niscaya dia akan melihat (balasan)-nya.”

Dalam ayat 7-8 diatas, terdapat kata zarah yang artinya lebih halus dari debu. Istilah zarah juga dupakai oleh ahli fisika arab untuk menyebutkan kata atom. Ayat tersebut menjelaskan bahwa atom mempunyai berat (massa) dan besaran. Karena dari ayat ini disebutkan “seberat zarah” berarti atom mempunyai massa. Hal ini para ilmuwan telah membuktikan bahwa atom memiliki berat dan

dapat menentukan berat proton neutron dan elektron (proton $1,67 \times 10^{-27}$ Kg, neutron $1,675 \times 10^{-27}$ Kg dan elektron $9,109 \times 10^{-31}$ Kg).

Firman Allah SWT dalam surah al-an'am ayat 95 yang berbunyi;

إِنَّ اللَّهَ فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَى يُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَمُخْرِجُ الْمَيِّتِ مِنَ الْحَيِّ ذَلِكُمْ اللَّهُ فَانَّى تُؤْفَكُونَ

Artinya; “*Sesungguhnya Allah menumbuhkan butir tumbuh-tumbuhan dan biji buah-buahan. Dan dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup (yang memiliki sifat-sifat) demikian Allah, maka mengapa kamu masih berpaling.*”

Ayat diatas dijelaskan dalam tafsir as-sa'di Allah menyampaikan tentang kesempurnaannya, keagungannya kekuasaannya, potensi kekuatannya, keluasan rahmatnya yang universal dan perhatiannya yang mendalam kepada makhluknya. Firman Allah “*sesungguhnya Allah menumbuhkan butir tumbuh-tumbuhan.*” yang maknanya mencakup seluruh biji-bijian yang ditanam oleh manusia dan biji-bijian itu tumbuh menjadi tanaman-tanaman yang bermacam-macam, serta berbeda-beda bentuk dan kegunaannya. Allah juga menumbuhkan biji-bijian dari pohon, berupa pohon kurma, buah-buahan dan lain-lain. Mereka menikmati apa yang telah ditumbuhkan dari butir dan biji-bijian itu, mereka menjadikannya sebagai bahan makanan dan mengambil manfaat dengan berbagai macam pemanfaatan yang Allah jadikan padanya.

Allah swt telah menumbuhkan butir tumbuh-tumbuhan dan biji tumbuh-tumbuhan untuk bermanfaat bagi manusia. Seperti kacang hijau diawal pertumbuhannya berasal dari biji-bijian, serta biji kacang hijau juga mengalami perkecambahan yang banyak mengandung manfaat bagi manusia. Kacang hijau tumbuhan yang kaya kegunaannya bagi kehidupan manusia seperti baik untuk perkembangan anak-anak atau balita dan lain-lain. Tanaman yang tumbuh dengan

baik dengan disinari matahari dapat memberikan manfaat yang banyak bagi makhluk hidup. Dan pada surah Al-An'am ayat 1 dibawah ini:

الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي خَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ وَجَعَلَ الظُّلُمَاتِ وَالنُّورَ ۚ ثُمَّ الَّذِينَ كَفَرُوا بِرَبِّهِمْ يَعْدِلُونَ

Artinya: "Segala puji bagi Allah yang telah menciptakan langit dan bumi dan menjadikan gelap dan terang, namun orang-orang yang kafir mempersekutukan (sesuatu) dengan tuhan mereka."

Ayat di atas menjelaskan bahwa langit sangat gelap. Kemukzizatan Al-Quran dibidang astronomi menegaskan adanya kegelapan-kegelapan lainnya, yaitu kegelapan awal semesta dan kegelapan local dibagian tertentu semesta. Keggelapan local dibagian semesta tertentu terjadi pada masa setelah dimulainya proses peleburan inti atom hingga masa sekarang. Pada masa itu bintang-bintang memancarkan sinarnya keluar angkasa. Sinarnya terdiri dari sinar inframerah, gelombang electromagnet, spectrum-spektrum cahaya yang terlihat, sinar ultraviolet, sinar X, dan sinar gamma.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang bisa diambil dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Paparan irradiasi laser Helium-Neon (He-Ne) terhadap pertumbuhan tinggi batang, jumlah daun dan jumlah polong kacang hijau mengalami peningkatan. Waktu paparan yang paling efektif terjadi pada perlakuan 2 menit.
2. Paparan irradiasi laser He-Ne pada benih setelah pertumbuhan mengalami peningkatan terhadap kadar metabolisme kacang hijau dengan waktu paparan yang efektif 2 menit. Metabolisme kacang hijau yang mengalami peningkatan yaitu klorofil b, fenolik, flavonoid, kandungan antosianin, dan protein. Sedangkan, klorofil a dan glukosa mengalami penurunan.

5.2 Saran

Saran untuk peneliti selanjutnya yaitu;

1. Melakukan percobaan pada pertumbuhan kacang hijau menggunakan LED atau lainnya.
2. Percobaan paparan iradiasi laser atau LED terhadap benih kacang hijau sebelum dan sesudah di rendam air/aquades.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, D N. dkk. 2020. *Analisis Kandungan Zat Gizi, Pati Resisten, Indeks Glikemik, Beban Glikemik dan Daya Terima Cookies Tepung Pisang Kepok (Musa paradisiaca) Termodifikasi Enzimatis dan Tepung Kacang Hijau (Vigna radiate)*. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan. 9(3). 101–107.
- Ahmad, Fadhil. Muzaki. 2017. *Aktivitas Antioksidan Ekstrak Rumpun Laut Dari Pantai Teluk Awur*. Jurnal UNDIP. Semarang.
- Akbar, A. 2020. *Pengaruh bubur Kacang Hijau terhadap Peningkatan Daya tahan Atlet Futsal SMA Negeri 6 Soppeng* (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Makasar).
- Amalia Briliansari, D. Prijadi, B. & Ari Nugroho, F. 2016. *Pengaruh Pemberian Kacang Hijau (Phaseolus radiatus L.) terhadap Pencegahan Peningkatan Kadar Glukosa Darah pada Tikus (Rattus norvegicus) Galur Wistar Bunting*. Majalah Kesehatan. No 3(1). Hal 25–32.
- Amplification, L. & Emission, S. (n.d.). Diktat Kuliah Rekayasa Optik. *Diktat Kuliah Rekayasa Optik*, 1–73.
- Asropah, S., Nurrahman, & Wikanastri Hersoelistyorini. 2019. *Pengaruh Lama Perkecambahan terhadap Rendemen, Kadar Antosianin, Vitamin E dan Aktivitas Antioksidan Kecambah Kedelai Hitam The Influence of Long Germination to Rendement, Antosianin, Vitamin E Levels and Antioxidant Activity on Black Soybean Sprouts*. Jurnal Pangan Dan Gizi, 9(April), 39–52.
- Asropah, Siti. Nurrahman, Wikanastri Hersoelistyorini. 2019. *The Influence of Long Germination to Rendement, Antosianin, Vitamin E Levels and Antioxidant Activity on Black Soybean Sprouts*. Universitas Muhammadiyah Semarang. (1): 39-52, April 2019.
- Astuti, D. Sulistyowati, Y. & Nugroho, S. 2019. *Radiosensitivity Analysis of Gamma Ray to Induce Genetic Diversity of High Lignin Content Sorghum*. Scientific Journal for The Applications of Isotopes and Radiation, 15(1), 1–6.
- Badan, K., & Tenaga, P. 2013. jdih.bapeten.go.id.
- Banafanu, V S. Wahid, A. & Pasangka, B. 2018. *Pemanfaatan Radiasi Multigama Nuklir dalam mengembangkan Kacang Arbil (Phaseolus lunatus) Tipe Menjalar Asal Caplong Kecamatan Fatuleu Kabupaten Kupang*. Jurnal Fisika : Fisika Sains Dan Aplikasinya, 3(1), 69–72.
- Buana, Ika. 2020. <https://farmasi.fkunissula.ac.id/sites/default/files/Flavonoid.pdf>. [20 Juni 2022].
- Desi, Irwanta. 2017. *Penetapan Kandungan Fenolik Total dan Uji Aktivitas Antioksidan dengan Metode DPPH Ekstrak Metanolik Umbi Bidara Upas*. Yogyakarta: Jurnal USD.

- Dewantara, L. A. R. Ananto, A. D. & Andayani, Y. 2021. *Penetapan Kadar Fenolik Total Ekstrak Kacang Panjang (Vigna unguiculata) dengan Metode Spektrofotometri UV-Visible*. Lumbung Farmasi: Jurnal Ilmu Kefarmasian, 2(1), 13-19.
- Dharmadewi, Istri Mirah. 2020. *Analysis of Chlorophyll Content in Several Types of Green Vegetables as an Alternative to Food Supplement*. Jurnal Emasains: Jurnal Edukasi Matematika dan Sains. Vol. IX No. 2.
- Diniyah, N & Lee, S H. 2020. *Komposisi Senyawa Fenol Dan Potensi Antioksidan Dari Kacang-Kacanga*. Review: Jurnal Agroteknologi, 14(01), 91.
- Diniyati, B & Rustanti, N. 2012. *Kadar Betakaroten, Protein, Tingkat Kekerasan, dan Mutu Organoleptik Mie Instan dengan Substitusi Tepung Ubi Jalar Merah (Ipomoea Batatas) dan Kacang Hijau (Vigna radiata)*. (Doctoral dissertation. Diponegoro University..
- Fakhrudin, N. Kurniailla, N. A & Fatimah, K. N. 2020. *Potensi Antioksidan Biji dan daun Kacang Hijau (Vigna radiata L.) dan Studi Korelasinya dengan Kadar Flavonoid Total*. 17(Juni), 48–58.
- Ganesan, K & Xu, B. 2018. *A critical review on phytochemical profile and health promoting effects of mung bean (Vigna radiata)*. Food Science and Human Wellness, 7(1), 11–33.
- Genotipe, M. Baru, U. Toleran, K. Warid, K. Khumaida, N. Purwito, A & Syukur, D. M. 2017. *Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma pada Generasi Pertama (M1) untuk Agrotrop*, 7(1), 11–21.
- Hassan Alsheikh Abd Alraheim, Y. 2018. *The Effect of He-Ne and Diode Lasers on the Electrical Characteristics of Silicon Diode*. American Journal of Optiks and Photonics, 6(1), 8.
- Hayden, P. Dardis, J. Hough, P. Richardson, V. Kennedy, E. T. Costello, J. T. Düsterer, S. Redlin, H. Feldhaus, J. Li, W. B. Cubaynes, D & Meyer, M. 2016. *The Laser-assisted photoelectric effect of He, Ne, Ar and Xe in intense extreme ultraviolet and infrared laser fields*. Journal of Modern Optiks. 63(4), 358–366.
- Hou, D. Yousaf, L. Xue, Y. Hu, J. Wu, J. Hu, X. Feng, N & Shen, Q. 2019. *Mung bean (Vigna radiata L.): Bioactive polyphenols, polysaccharides, peptides, and health benefits*. Nutrients. No. 11 Vol. 6.
- HR Nurung, Sri Handriyani. 2017. *Penetapan Kadar Flavonoid, Fenolik, dan Karotenoid Total Ekstrak Etanol Kecambah Kacang Hijau (Vigna Radiata)*. Tesis Sarjana (S1), Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Huda, M. Elektronika, P & Surabaya, N. 2019. *Makalah Prinsip Kerja pada Laser Helium-Neon (He-Ne)*.
- Isbn, H. C., & Isbn, S. C. (n.d.). *Mung bean*.

- Janayon, R. V. B & Guerrero, R. A. 2019. *Laser Irradiation of Mung Bean (Vigna radiata L.) at Two Wavelengths for Enhanced Seedling Development*. International Journal of Optiks, 2019.
- Krawiec, M. Dziwulska-Hunek, A. Palonka, S. Kaplan, M. & Baryla, P. 2016. *Effect of laser irradiation on seed germination and root yield of scorzonera (Scorzonera hispanica L.)*. Acta Agrophysica, 23(4), 621–631.
- Krisna, indra 2016. *Klasifikasi dan Morfologi Kacang Hijau* <https://www.teorieno.com/2016/10/klasifikasi-dan-morfologi-kacang-hijau.html>.
- Kurniawan, Hadi 2019. *Potensi Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) Sebagai Pendeteksi Bakteri (Studi Awal Detektor Makanan Halal.)* Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro, Vol.3, No.1, Februari 2019, hal. 1-10. UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
- Lestari, D. I. Azizah, L. N. Nisa, K. A. Nurbaiti, U & Fianti, F. 2021. *Pengaruh Spektrum Cahaya Terhadap Perkecambahan Kacang Hijau (Vigna radiata)*. Jurnal Penelitian Fisika Dan Terapannya (JUPITER), 3(1), 11.
- Mahmood, S. Afzal, B. Perveen, S., Wahid, A., Azeem, M. & Iqbal, N. 2021. *He-Ne Laser Seed Treatment Improves the Nutraceutical Metabolic Pool of Sunflowers and Provides Better Tolerance Against Water Deficit*. Frontiers in Plant Science, 12 May 2021.
- Naila, Intani. 2020. *Wawasan Al-quran dalam pandangan M.Qiraish Shihab dan Buya Hamka*. Vol. 6, No. 1, 51-72. IAIN Kudus.
- Naomi, A. Pertiwi, J. Permatasari, P. A. Dini, S. N & Saefullah, A. 2018. *Keefektifan Spektrum Cahaya Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kacang Hijau (Vigna Radiata)*. Gravity : Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Fisika, 4(2), 93–102.
- Ni'mah, Khipiatun. 2017. *Mata Kuliah Optik Serat Laser*. Universitas Jembar.
- Oktaviani, Meilina. 2020. *Pengaruh radiasi sinar gamma co-60 terhadap respon morfologi dan kadar protein kacang hijau (Vigna radiata L.)*. Undergraduate thesis, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Prasetia, Senata Adi. 2021. *Tafsir Tematik dalam Tafsir Al-Quran*. <https://tafsiralquran.id/matahari-sebagai-sumber-energi-cahaya-berikut-penjelasan-tafsirnya>.
- Priska, Melania. Natalia, Peni. Dkk. 2018. *Antosianin dan Pemanfaatannya*. Journal of Applied Chemistry). Vol. 6. No. 2. Desember 2018.
- Puspita, W & Puspasari, H. 2021. *Penentuan Kadar Flavonoid Total dan Nilai SPF Ekstrak Etanol Daun Buas-Buas (Premna serratifolia L.) Asal Kabupaten Melawi Provinsi Kalimantan Barat*. Jurnal Ilmu Farmasi dan Farmasi Klinik, 18(01), 24-30.
- Putri, A. Wisaniyasa, N. W & Suparthana, I. P. 2021. *Effect of Germination Time*

on Total Phenolic Content, Total Flavonoid Content, and Antioxidant Activity of Cowpea Sprout Flour (Vigna unguiculata L. Walp.). Itepa: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan, 10(1), 36–43.

- Rizka Erwinda Sari, N. M. Wisaniyasa, N. W & Sri Wiadnyani, A. A. I. 2020. *Studi Kadar Gizi, Serat dan Antosianin Tepung Kacang Merah dan tepung Kecambah Kacang Merah (Phaseolus vulgaris L.). Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan (ITEPA), 9(3), 282.*
- Rosyida, N. 2016. *Pengukuran Laju Dosis Paparan Radiasi Eksternal di Area Radioterapi RSUD Dr. Saiful Anwar Malang.* Journal of Chemical Information and Modeling, 31–40.
- Saati, E. A. Anggriani, R & Rudiawaty, A. A. A. 2021. *Kajian Pemberian Sari Kecambah Kacang Hijau (Vigna radiata L.) dan Sari Ubi Jalar Ungu (Ipomea batatas L.) Terhadap Mutu Nata De Coco.* Food Technology and Halal Science Journal, 4(2), 208–223.
- Sari, Indayana Ratna. 2020. *Laporan Praktikum Kimia Penentuan Kadar Glukosa Dalam Minuman.* Universitas Negeri Yogyakarta.
- Sarita, Riska Norma. Adita, Silvia Fitriana. Rani, Prabandari. 2021. *Perbandingan Kadar Protein pada Kacang Hijau dan Sari Kacang Hijau yang Diperjual belikan dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis.* Program Studi Farmasi Program Sarjana Fakultas Kesehatan Universitas Harapan Bangsa, Purwokerto, Jawa Tengah. 06 Oktober 2021.
- Singh, R. 2013. *Development of iron and zinc enriched mungbean (Vigna radiata L.) cultivars with agronomic traits in consideration.*
- Somaningsih, M. G. 2018. *Pengaruh Penyinaran Gelombang Elektromagnetik Terhadap Pertumbuhan Kacang Hijau (Vigna Radiata).* Faktor Exacta, 11(3), 235–239.
- Triticumaestivum, L. Alsalhi, M. S., Tasish, W. Saleh, S & Atif, A. M. 2019. *Efek iradiasi laser He-Ne dan laser argon pada pertumbuhan , Efek dari Dia-Ne laser dan iradiasi laser argon pada pertumbuhan , perkecambahan , dan karakteristik fisiko-biokimia biji gandum (Triticumaestivum L .). 1–9.*
- Udayana, U. Jimbaran, K. B & Indonesia, B. (n.d.). *Pengaruh Lama Penyinaran UV-C pada Biji Cabai Rawit(Capsicum Frutescentl) terhadap Laju Pertumbuhan Tanaman, KadarKlorofil-a dan Kerapatan Stomata Daun serta Tumbuhan merupakan Pigmen inilah yang memberi warna hijau pada tumbuhan . Klorofil t.*
- Utami, Ms. 2018. *Pengaruh Cahaya terhadap Pertumbuhan Tanaman.* Fakultas Pertanian Universitas Udayana.
- Wahjuni, S. 2013. *Metabolisme Biokimia.* In Journal of Chemical Information and Modeling (Vol. 53, Issue 9).

- Wijaningsih, W. 2008. *Aktivitas Antibakteri In Vitro Dan Sifat Kimia Kefir Susu Kacang Hijau (Vigna Radiata) Oleh Pengaruh Jumlah Starter Dan Lama Fermentasi In Vitro Antibacterial Activity And Chemichalproperties Of Mungbean Milk Kefir (Vigna Radiata) As Affected By Cultures Concentration Andfermentation Time* (Doctoral dissertation, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro).
- Williams, L. J. 2018. *Newman-Keuls Test and Tukey Test I Pairwise Comparisons*. January.
- Wiraatmaja, Wayan. 2017. *Suhu, Energi Matahari dan Air dalam Hubungan dengan Tanaman*. Fakultas Pertanian UNUD.
- www.jateng.bps.go.id/statictable/2021/04/15/2452/luas-panen-produksi-dan-produktivitas-kacang-tanah-dan-kacang-hijau-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-jawa-tengah-2019.html. Diakses pada 15 juni 2022.
- Yoga, Handita W 2014. *Laser Therapy*. <https://www.slideshare.net/BasidBaidowiFisio/materi-laser2>.
- Yustiningsih, Maria. 2019. *Intensitas Cahaya dan Efisiensi Fotosintesis pada Tanaman Naungan dan Tanaman Terpapar Cahaya Langsung*. *BIOEDU*, Vol. 4, No. 2
- Zuraida, Sulistiyani, dkk. 2017. *Fenol, Flavonid dan Kandungan Aktivitas Antioksidan pada Ekstrak Kulita Batang Pulai*. Institut Petanian Bogor Vol. 35 No. 3, September 2017: 211-219

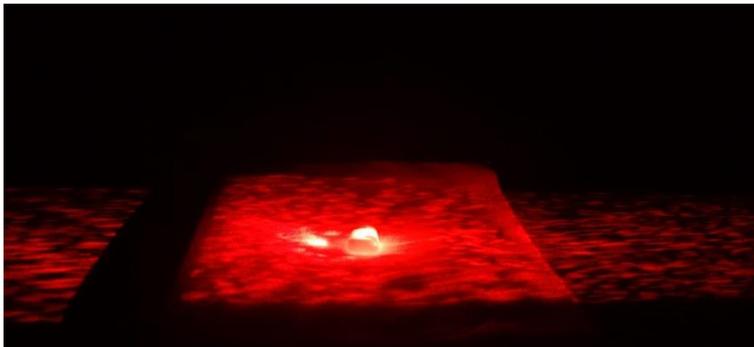
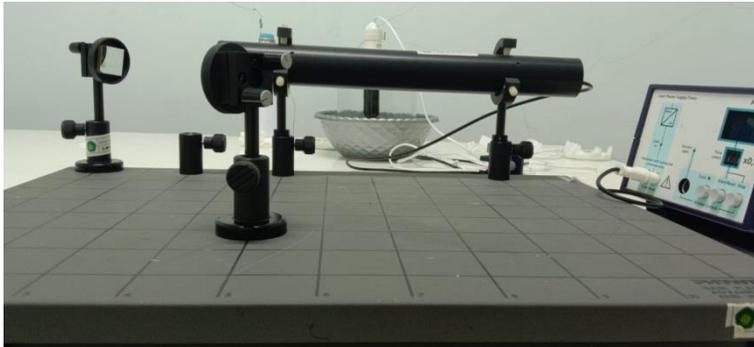
LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. Dokumentasi Bukti Penelitian

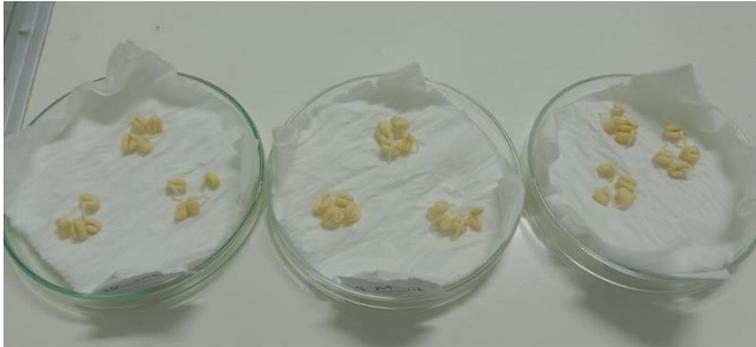
A. Hasil Rendaman Benih Kacang hijau



B. Paparan Laser Terhadap Benih Kacang Hijau

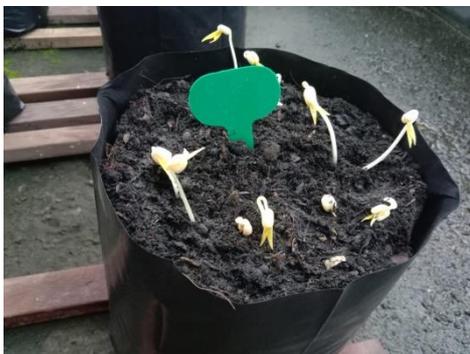


Sebelum Paparan



Sesudah Paparan

C. Pertumbuhan Benih Kacang hijau







D. Daun kacang Hijau Untuk Uji Klorofil, Fenolik, dan Flavonoid

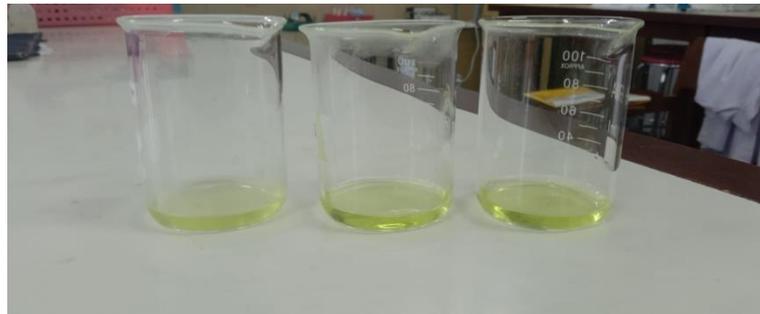




Klorofil



Flavonoid

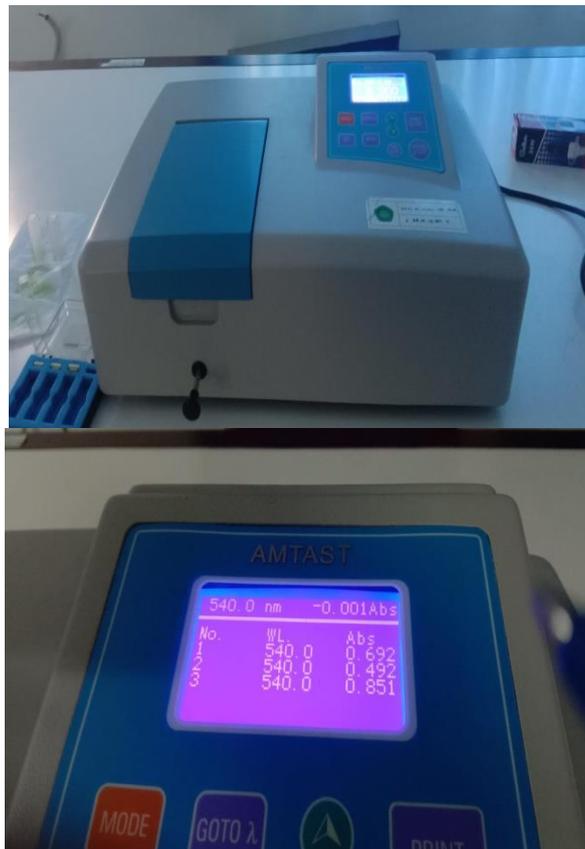


Fenolik

E. Biji Kacang Hijau



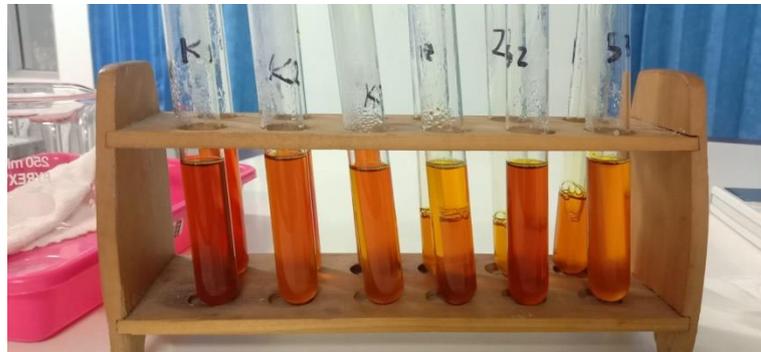
F. Spektrofotometer



G. Uji Metabolisme



Protein



Glukosa



Kandungan Antosianin

LAMPIRAN 2. Hasil Uji Tukey Menggunakan SPSS

1. Tinggi Batang

Perlakuan (tinggi batang)	Subset for alpha=0,05	
	1	2
0 menit / kontrol	18,2957	
2 menit		25,4952
5 menit		24,3300
10 menit		23,5881

2. Jumlah Daun

Perlakuan (jumlah daun)	Subset	
	1	2
0 menit/ kontrol	8,9929	
2 menit		10,2071
5 menit	9,4357	
10 menit	9,2286	

3. Klorofil-b

Perlakuan (klorofil b)	Subset	
	1	2
0 menit / kontrol	2,3517	
2 menit		2,8570
5 menit		2,7973
10 menit		2,7853

4. Fenolik

Perlakuan (fenolik)	subset		
	1	2	3
0 menit/ kontrol	0,01733		
2 menit			0,03667
5 menit		0,03200	0,03200
10 menit	0,02267	0,02267	

5. Flavonoid

Perlakuan (Flavonoid)	Subset	
	1	2
0 menit/kontrol	0,34367	
2 menit		1,11667
5 meniit	0,83500	0,83500
10 menit	0,32967	

6. Kandungan Antosianin

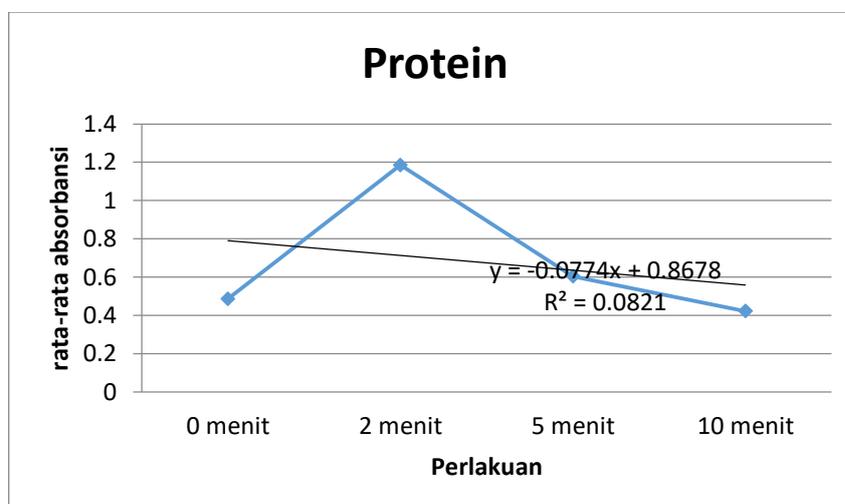
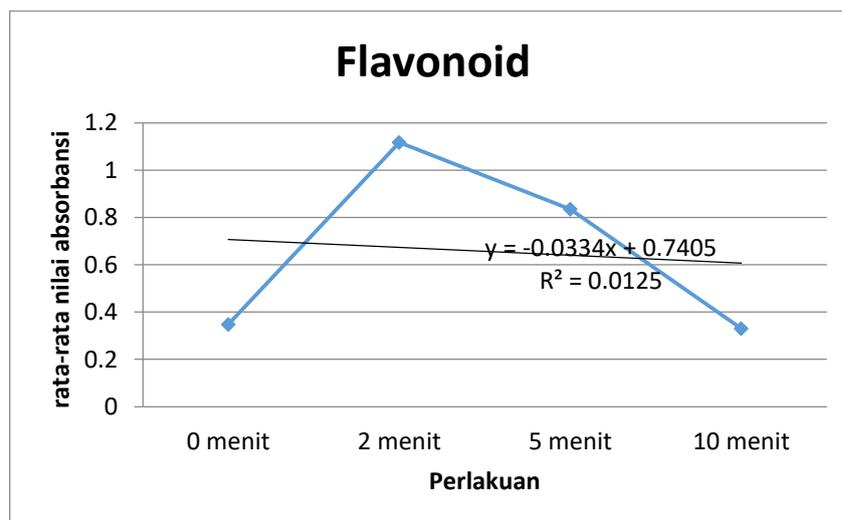
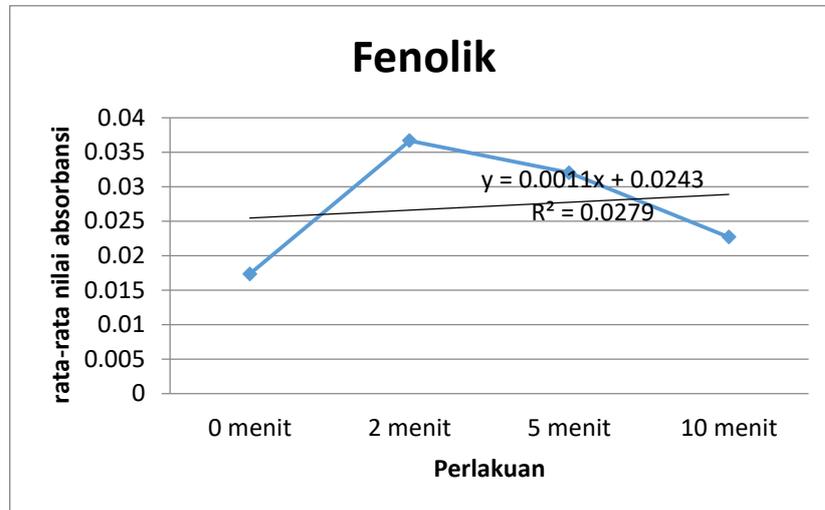
Perlakuan (K.Antosianin)	Subset	
	1	2
0 menit/kontrol	0,01833	
2 menit		0,16267
5 meniit	0,07767	0,07767
10 menit	0,01367	

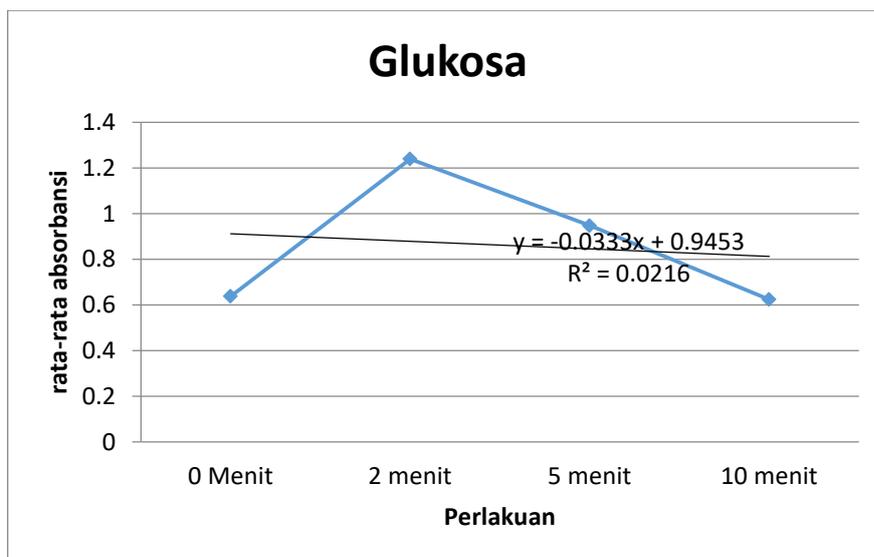
7. Protein

Perlakuan	Subset	
	1	2
0 menit/kontrol	0,48633	
2 menit		1,18500
5 meniit	0,60400	
10 menit	0,41867	

LAMPIRAN 3. Perhitungan Kadar Metabolisme

1. Kurva standar kalibrasi perlakuan dan rata-rata absorbansi





2. Data Perhitungan Kadar Metabolisme

1. Kandungan Klorofil

1) Kontrol / 0 menit

$$\begin{aligned} \text{Klorofil a} &= 12,21 (A\ 663) - 2,69 (A\ 470) \\ &= 12,21 (2,351667) - 2,69 (2,88) \\ &= 20,96\ \text{mg/ml} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Klorofil b} &= 20,13 (A\ 470) - 4,68 (A\ 663) \\ &= 20,13 (2,88) - 4,68 (2,351667) \\ &= 46,96\ \text{mg/ml} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Klorofil Total} &= \text{Klorofil a} + \text{Klorofil b} \\ &= 67,979\ \text{mg/ml} \end{aligned}$$

2) 2 menit

$$\begin{aligned} \text{Klorofil a} &= 12,21 (A\ 663) - 2,69 (A\ 470) \\ &= 12,21 (2,857) - 2,69 (3) \\ &= 26,81\ \text{mg/ml} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Klorofil b} &= 20,13 (A\ 470) - 4,68 (A\ 663) \\ &= 20,13 (3) - 4,68 (2,857) \\ &= 47,019\ \text{mg/ml} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Klorofil Total} &= \text{Klorofil a} + \text{Klorofil b} \\ &= 75,83\ \text{mg/ml} \end{aligned}$$

3) 5 menit

$$\begin{aligned}\text{Klorofil a} &= 12,21 \text{ (A 663)} - 2,69 \text{ (A 470)} \\ &= 12,21 (2,790667) - 2,69 (3) \\ &= 26 \text{ mg/ml}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Klorofil b} &= 20,13 \text{ (A 470)} - 4,68 \text{ (A 663)} \\ &= 20,13 (3) - 4,68 (2,790667) \\ &= 47,33 \text{ mg/ml}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Klorofil Total} &= \text{Klorofil a} + \text{Klorofil b} \\ &= 73,33 \text{ mg/ml}\end{aligned}$$

4) 10 menit

$$\begin{aligned}\text{Klorofil a} &= 12,21 \text{ (A 663)} - 2,69 \text{ (A 470)} \\ &= 12,21 (2,783667) - 2,69 (3) \\ &= 25,92 \text{ mg/ml}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Klorofil b} &= 20,13 \text{ (A 470)} - 4,68 \text{ (A 663)} \\ &= 20,13 (3) - 4,68 (2,783667) \\ &= 47,36 \text{ mg/ml}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Klorofil Total} &= \text{Klorofil a} + \text{Klorofil b} \\ &= 73,28 \text{ mg/ml}\end{aligned}$$

2. Kadar Fenolik

1. 0 menit

Kadar ekivalen Fenolik;

$$y = 0,0011x + 0,0243$$

$$0,0173 = 0,0011x + 0,0243$$

$$X = 6,36 \text{ mg/ml}$$

$$\text{Kadar fenolik total} = \frac{X \cdot \text{Volume sampel}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}\text{kadar fenolik total} &= \frac{6,36 \text{ mg/ml} \cdot 20 \text{ ml}}{1 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 12,72 \%\end{aligned}$$

2. 2 menit

Kadar ekivalen Fenolik;

$$y = 0,0011x + 0,0243$$

$$0,0366 = 0,0011x + 0,0243$$

$$X = 10,63 \text{ mg/ml}$$

$$\text{Kadar fenolik total} = \frac{X \cdot \text{Volume sampel}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{kadar fenolik total} &= \frac{10,63 \text{ mg/ml} \cdot 20 \text{ ml}}{1 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 21,26 \% \end{aligned}$$

3. 5 menit

Kadar ekivalen Fenolik;

$$y = 0,0011x + 0,0243$$

$$0,032 = 0,0011x + 0,0243$$

$$X = 7 \text{ mg/ml}$$

$$\text{Kadar fenolik total} = \frac{X \cdot \text{Volume sampel}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{kadar fenolik total} &= \frac{7 \text{ mg/ml} \cdot 20 \text{ ml}}{1 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 14 \% \end{aligned}$$

4. 10 menit

Kadar ekivalen Fenolik;

$$y = 0,0011x + 0,0243$$

$$0,0226 = 0,0011x + 0,0243$$

$$X = 1,54 \text{ mg/ml}$$

$$\text{Kadar fenolik total} = \frac{X \cdot \text{Volume sampel}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{kadar fenolik total} &= \frac{1,54 \text{ mg/ml} \cdot 20 \text{ ml}}{1 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 3,08 \% \end{aligned}$$

3. Kadar Flavonoid

1. 0 menit

Kadar ekivalen Flavonoid;

$$Y = -0,0334x + 0,7405$$

$$0,347 = -0,0334x + 0,7405$$

$$X = 32,55 \text{ mg/ml}$$

$$\text{Kadar flavonoid total} = \frac{X \cdot \text{Volume sampel}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{kadar flavonoid total} &= \frac{32,55 \text{ mg/ml} \cdot 20 \text{ ml}}{1 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 6,51 \% \end{aligned}$$

2. 2 menit

Kadar ekivalen Flavonoid;

$$Y = -0,0334x + 0,7405$$

$$1,116 = -0,0334x + 0,7405$$

$$X = 55,58 \text{ mg}$$

$$\text{Kadar flavonoid total} = \frac{X \cdot \text{Volume sampel}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{kadar flavonoid total} &= \frac{55,58 \text{ mg/ml} \cdot 20 \text{ ml}}{1 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 11,11 \% \end{aligned}$$

3. 5 menit

Kadar ekivalen Flavonoid;

$$Y = -0,0334x + 0,7405$$

$$0,835 = -0,0334x + 0,7405$$

$$X = 47,17 \text{ mg/ml}$$

$$\text{Kadar flavonoid total} = \frac{X \cdot \text{Volume sampel}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{kadar flavonoid total} &= \frac{47,17 \text{ mg/ml} \cdot 20 \text{ ml}}{1 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 9,43 \% \end{aligned}$$

4. 10 menit

Kadar ekivalen Flavonoid;

$$Y = -0,0334x + 0,7405$$

$$0,329 = -0,0334x + 0,7405$$

$$X = 32,02 \text{ mg/ml}$$

$$\text{Kadar flavonoid total} = \frac{X \cdot \text{Volume sampel}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{kadar flavonoid total} &= \frac{32,02 \text{ mg/ml} \cdot 20 \text{ ml}}{1 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 6,4 \% \end{aligned}$$

4. K.Antosianin

1. 0 menit

$$A = 0,02$$

$$kadar\ Antosianin = \frac{A}{\varepsilon \times L} MW \frac{v}{W} \times 100\%$$

$$kadar\ Antosianin = \frac{0,02 \cdot 449,2g/mol \times 20ml}{26.900\ L/mol \times 1 \times 5g} \times 100\% \\ = 3,06\ %$$

2. 2 menit

$$A = 0,16$$

$$kadar\ Antosianin = \frac{A}{\varepsilon \times L} MW \frac{v}{W} \times 100\%$$

$$kadar\ Antosianin = \frac{0,16 \cdot 449,2g/mol \times 20ml}{26.900\ L/mol \times 1 \times 5g} \times 100\% \\ = 27,16\ %$$

3. 5 menit

$$A = 0,08$$

$$kadar\ Antosianin = \frac{A}{\varepsilon \times L} MW \frac{v}{W} \times 100\%$$

$$kadar\ Antosianin = \frac{0,08 \cdot 449,2g/mol \times 20ml}{26.900\ L/mol \times 1 \times 5g} \times 100\% \\ = 13,02\ %$$

4. 10 menit

$$A = 0,01$$

$$kadar\ Antosianin = \frac{A}{\varepsilon \times L} MW \frac{v}{W} \times 100\%$$

$$kadar\ Antosianin = \frac{0,01 \cdot 449,2g/mol \times 20ml}{26.900\ L/mol \times 1 \times 5g} \times 100\% \\ = 2,28\ %$$

5. Protein

1. 0 menit

$$y = -0,0774x + 0,8678$$

$$0,486 = -0,0774x + 0,8678$$

$$X = 11,69\ mg/ml$$

$$kadar\ Protein = \frac{X \times FP \times V}{BS} \times 100\%$$

$$kadar\ Protein = \frac{11,69mg/ml \times 20\ ml \times 1}{5\ g} \times 100\% \\ = 4,67\ %$$

2. 2 menit

$$y = -0,0774x + 0,8678$$

$$1,185 = -0,0774x + 0,8678$$

$$X = 12,39 \text{ mg/ml}$$

$$\text{kadar Protein} = \frac{X \times FP \times V}{BS} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{kadar Protein} &= \frac{12,39 \text{ mg/ml} \times 20 \text{ ml} \times 1}{5 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 4,95 \% \end{aligned}$$

3. 5 menit

$$y = -0,0774x + 0,8678$$

$$0,604 = -0,0774x + 0,8678$$

$$X = 11,81 \text{ mg/ml}$$

$$\text{kadar Protein} = \frac{X \times FP \times V}{BS} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{kadar Protein} &= \frac{11,81 \text{ mg/ml} \times 20 \text{ ml} \times 1}{5 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 4,72 \% \end{aligned}$$

4. 10 menit

$$y = -0,0774x + 0,8678$$

$$0,422 = -0,0774x + 0,8678$$

$$X = 11,63 \text{ mg/ml}$$

$$\text{kadar Protein} = \frac{X \times FP \times V}{BS} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{kadar Protein} &= \frac{11,63 \text{ mg/ml} \times 20 \text{ ml} \times 1}{5 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 4,65 \% \end{aligned}$$

6. Glukosa

1. 0 menit

$$y = -0,0333x + 0,9453$$

$$0,637 = -0,0333x + 0,9453$$

$$X = 9,23 \text{ mg/ml}$$

$$\text{kadar Glukosa} = \frac{X \times FP \times V}{BS} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{kadar Glukosa} &= \frac{9,23 \text{ mg/ml} \times 20 \text{ ml} \times 1}{5 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 3,69 \% \end{aligned}$$

2. 2 menit

$$y = -0,0333x + 0,9453$$

$$1,239 = -0,0333x + 0,9453$$

$$X = 8,82 \text{ mg/ml}$$

$$\text{kadar Glukosa} = \frac{X \times FP \times V}{BS} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{kadar Glukosa} &= \frac{8,82 \text{ mg/ml} \times 20 \text{ ml} \times 1}{5 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 3,53 \% \end{aligned}$$

3. 5 menit

$$y = -0,0333x + 0,9453$$

$$0,947 = -0,0333x + 0,9453$$

$$X = 0,061 \text{ mg/ml}$$

$$\text{kadar Prot} = \frac{X \times FP \times V}{BS} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{kadar Protein} &= \frac{0,061 \text{ mg/ml} \times 20 \text{ ml} \times 1}{5 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 0,64 \% \end{aligned}$$

4. 10 menit

$$y = -0,0333x + 0,9453$$

$$0,624 = -0,0333x + 0,9453$$

$$X = 9,64 \text{ mg/ml}$$

$$\text{kadar Prot} = \frac{X \times FP \times V}{BS} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{kadar Protein} &= \frac{9,64 \text{ mg/ml} \times 20 \text{ ml} \times 1}{5 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 3,85 \% \end{aligned}$$



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

JURUSAN FISIKA

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

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Gita Nubuwah Harahap
NIM : 17640048
Fakultas/Program Studi : Sains dan Teknologi/Fisika
Judul Skripsi : Pengaruh Irradiasi Laser Helium-Neon (He-Ne) terhadap Peningkatan Metabolisme Kacang Hijau (*Vigna Radiata L*)
Pembimbing 1 : Wiwis Sasmitaninghidayah, M.Si
Pembimbing 2 : Ahmad Abtokhi, M.Pd

• Konsultasi Fisika

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1	9 September 2021	Bab I dan Bab II	
2	30 September 2021	Bab I dan Bab II ACC	
3	6 Oktober 2021	Bab III ACC	
4	21 April 2022	Konsultasi Data Penelitian	
5	25 Mei 2022	Bab IV	
6	9 Juni 2022	Bab IV	
7	17 Juni 2022	Bab I – IV ACC	
8	20 Juni 2022	Bab IV dan Bab V	
9	23 Juni 2022	Bab IV dan Bab V ACC	

• Konsultasi Integrasi

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1	10 Juni 2022	Integrasi Bab I – Bab IV	
2	20 Juni 2022	Integrasi Bab I – Bab IV ACC	

Malang, 01 Agustus 2022

Diketahui,
Kepala Program Studi



Dr. Imrah Tazi, M.Si
NIP. 197407 200312 1 002