



TUGAS AKHIR - TF 141581

**PENENTUAN KADAR KLOOROFIL DAUN
TANAMAN SAYURAN MENGGUNAKAN TEKNIK
*DIFFUSE REFLECTANCE SPECTROSCOPY***

**Wilda Prihasty
NRP. 0231144000048**

Dosen Pembimbing :

Dr.rer.nat.Ir. Aulia M.T. Nasution, M.Sc.

**DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018**



FINAL PROJECT -TF141581

***DETERMINATION OF CHLOROPHYLL
CONTENT FROM VEGETABLE LEAVES
USING DIFFUSE REFLECTANCE
SPECTROSCOPY TECHNIQUE***

***Wilda Prihasty
NRP. 02311440000048***

Supervisor :

Dr.rer.nat.Ir. Aulia M.T. Nasution, M.Sc.

***DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
2018***

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah S.W.T, karena rahmat-Nya sehingga penulis diberikan kesehatan, kemudahan, dan kelancaran dalam menyusun laporan tugas akhir yang berjudul “Penentuan Kadar Klorofil Daun Tanaman Sayuran Menggunakan Teknik *Diffuse Reflectance Spectroscopy*”. Pada kesempatan ini, penulis hendak mengucapkan terima kasih kepada :

1. Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Fisika ITS.
2. Segenap Bapak/Ibu dosen pengampu bidang minat rekayasa fotonika di Departemen Teknik Fisika-ITS.
3. Dr. rer. nat. Ir. Aulia M.T. Nasution, M.Sc. selaku dosen pembimbing dan Iwan Cony S, S.T., M.T. yang telah memberikan banyak ilmu dan membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir.
4. Kedua orang tua dan keluarga penulis yang senantiasa memberikan doa, bantuan dan motivasi.
5. Rekan asisten Laboratorium Rekayasa Fotonika.
6. Intan, Fadhel, Achmad, Wahyu dan Kayi selaku teman seperjuangan mengerjakan Tugas Akhir bidang minat rekayasa fotonika.
7. Mbak Annisa Judyta yang memberi banyak pengetahuan mengenai tugas akhir ini.
8. Teknik Fisika ITS angkatan 2014.
9. Sahabat-sahabat penulis yang telah mendoakan untuk kelancaran tugas akhir.
10. Mas Hariz Elvia Santoso atas motivasi dan doa yang diberikan

Dan pihak lain yang telah membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis mengucapkan mohon maaf atas ketidaksempurnaan dalam penulisan laporan tugas akhir ini. Semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2018

**PENENTUAN KADAR KLOROFIL DAUN TANAMAN
SAYURAN MENGGUNAKAN TEKNIK *DIFFUSE
REFLECTANCE SPECTROSCOPY***

TUGAS AKHIR

Oleh:

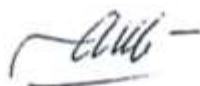
Wilda Prihasty

NRP : 0231144000048

Surabaya, Juli 2018

Mengetahui dan menyetujui,

Pembimbing



Dr. rer. nat. Ir. Aulia M.T. Nasution, M.Sc.

NIP. 19671117 199702 1 001



**PENENTUAN KADAR KLOROFIL DAUN TANAMAN
SAYURAN MENGGUNAKAN TEKNIK *DIFFUSE
REFLECTANCE SPECTROSCOPY***





TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar sarjana teknik
pada
Bidang Minat Rekayasa Fotonika
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Wilda Prihasty
NRP. 0231144000048

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr.rer.nat.Ir. Aulia M.T. N, M.Sc. (Pembimbing)
2. Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D. (Penguji 1)
3. Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc. (Penguji 2)
4. Detak Yan Pratama, S.T., M.Sc. (Penguji 3)

**SURABAYA
Juli 2018**

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Wilda Prihasty

NRP : 0231144000048

Departemen : Teknik Fisika

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul **PENENTUAN KADAR KLOROFIL DAUN TANAMAN SAYURAN MENGGUNAKAN TEKNIK *DIFFUSE REFLECTANCE SPECTROSCOPY*** adalah bebas dari plagiasi. Apabila pernyataan saya ini terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya

Surabaya, 25 Juli 2018
Yang membuat pernyataan

Wilda Prihasty

**PENENTUAN KADAR KLOOROFIL DAUN TANAMAN
SAYURAN MENGGUNAKAN TEKNIK *DIFFUSE*
*REFLECTANCE SPECTROSCOPY***

Nama Mahasiswa : Wilda Prihasty
NRP : 02311440000048
Program Studi : S1 Teknik Fisika
Dosen Pembimbing : Dr.rer.nat. Ir. Aulia M. T. N, M.Sc.

Abstrak

Klorofil merupakan kunci utama komponen biokimia yang bertanggung jawab atas fotosintesis dan merupakan indikator kesehatan tanaman. Kadar klorofil dapat diukur secara non destruktif dan non kontak menggunakan teknik *Diffuse Reflectance Spectroscopy*. Phantom tersusun dari intralipid, agar, air dan klorofil dengan kadar yang telah diketahui dari teknik absorpsi, kemudian digunakan sebagai tahapan awal pengujian DRS. Fitting data spektrum reflektansi phantom dengan model matematis reflektansi difus akan digunakan untuk menentukan nilai parameter dari phantom yang dibuat. Nilai parameter tersebut yang digunakan sebagai pengukuran kadar klorofil dan akan dibandingkan dengan kadar klorofil hasil teknik absorpsi. Setelah sistem terkuantifikasi dengan baik, maka sistem akan digunakan untuk pengukuran kadar klorofil pada daun tanpa perlu mempersiapkan sampel yang rumit sebagaimana menggunakan teknik spektroskopi absorpsi. Spektrum reflektansi phantom telah diuji dan memiliki kesamaan pola spektrum dari reflektansi daun asli. Telah dilakukan pengukuran kadar klorofil dari 3 macam sayuran dengan variasi kadar dan didapatkan hasil pengukuran kadar klorofil dengan nilai eror untuk sawi, bayam dan kangkung berturut-turut adalah 3%-10% ; 2.5%-10% dan 16%-31%.

Kata Kunci : Klorofil, *Diffuse Reflectance Spectroscopy*, Absorbansi, Phantom.

***DETERMINATION OF CHLOROPHYLL CONTENT FROM
VEGETABLE LEAVES USING DIFFUSE REFLECTANCE
SPECTROSCOPY TECHNIQUE***

Name : Wilda Prihasty
NRP : 02311440000048
Study Program : Engineering Physics Bachelor Program
Supervisor : Dr.rer.nat. Ir. Aulia M. T. N, M.Sc.

Abstract

Chlorophyll is a main biochemistry component for photosynthesis and a health indicator. Chlorophyll concentration can be measured by non destructive and non contact method using Diffuse Reflectance Spectroscopy. Phantom consist of intralipid, aquades, gelatin and chlorophyll with certain concentration that known by absorbtion technique is used to be a primary stage for DRS. Data fitting from phantom reflectance spectrum using diffuse reflectance mathematical model used to determine parameter from phantom. The value of parameter can be used for chlorophyll concentration measurement and will be compared with the chlorophyll concentration from absorbtion technique. When the system have been quantified well, the system will be used for chlorophyll concentration measurement for leaf without a complicated sample preparation just the way we use absorbtion technique. Phantom reflectance spectroscopy has been tested and has a similar spectrum shape with leaf's reflectance. Chlorophyll concentration measurement has been done from three species of vegetables with three variation concentration and got error value for mustard, spinach and kale respectively 3%-10% ; 2.5%-10% dan 16%-31%.

Keywords : Chlorophyll, *Diffuse Reflectance Spectroscopy*, Absorbtion , Phantom.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	xi
Abstrak	xiii
Abstract.....	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Klorofil	5
2.2 Pengukuran Kadar Klorofil	6
2.2.1 Metode Destruktif	7
2.2.2 Metode Non-Destruktif	8
2.3 Spektroskopi	8
2.3.1 Spektroskopi Absorpsi/Penyerapan.....	9
2.4 <i>Diffuse Reflectance Spectroscopy</i> (DRS)	10
2.4.1 Penyerapan.....	12
2.4.2 Hamburan.....	13
2.5 Karakteristik Optik Daun	13
2.6 Phantom Optis.....	14
2.7 <i>Fitting Non-Linear Least Square</i>	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Pembuatan dan Simulasi Program Fitting	18
3.2 Pembuatan <i>Set-Up</i> Penelitian	19
3.3 Ekstraksi Klorofil.....	20
3.4 Pengambilan Data Absorbansi Klorofil, Air dan Intralipid	20
3.5 Mendapatkan Nilai Koefisien Absorbansi dan Kadar Klorofil.....	21
3.6 Pembuatan Phantom Daun	21

3.7	Pengujian Reflektansi Phantom	22
3.8	Menjalankan Program Fitting	22
3.9	Korelasi Kadar Perhitungan dan Kadar Fitting	22
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN		25
4.1	Pengambilan Data Absorbansi	25
4.1.1	Data Absorbansi Klorofil	25
4.1.2	Data Absorbansi Aquades	29
4.1.3	Data Absorbansi Intralipid	30
4.2	Pembuatan Phantom Daun	31
4.2.1	Uji Reflektansi Phantom Daun	32
4.3	Pengambilan Data Reflektansi Phantom	33
4.4	Hasil <i>Fitting</i> Phantom Daun	35
4.5	Hasil Fitting Daun	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		45
5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA.....		47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Anatomi Klorofil	5
Gambar 2. 2	Single Beam Spektrometer	9
Gambar 2. 3	Mekanisme Pantulan Difus	10
Gambar 2. 4	Prinsip Dasar DRS	11
Gambar 2. 5	Spektrum Absorbansi Klorofil A dan B	14
Gambar 2. 6	Spektrum Reflektansi Klorofil a dan Klorofil b ...	14
Gambar 3. 1	Flow Chart Penelitian	18
Gambar 3. 2	Set Up Diffuse Reflectance Spectroscopy	19
Gambar 3. 3	Set Up Spektroskopi Absorbansi	20
Gambar 4.1	Ekstrak Klorofil Daun Bayam dengan Perbandingan massa dan Volume 0,03 ; 0,05 dan 0,07.....	26
Gambar 4. 2	Daun Setelah Dilakukan Ekstraksi Klorofil	26
Gambar 4. 3	Spektrum Absorpsi Klorofil Daun Sawi	27
Gambar 4. 4	Spektrum Absorpsi Klorofil Daun Bayam	27
Gambar 4. 5	Spektrum Absorpsi Klorofil Daun Kangkung	28
Gambar 4. 6	Koefisien Absorbansi Aquades	30
Gambar 4. 7	Koefisien Ekstinsi Absorbansi Intralipid	31
Gambar 4. 8	Phantom Daun Bayam dan Sawi	31
Gambar 4. 9	Grafik Reflektansi Daun vs Phantom	32
Gambar 4. 10	Spektrum Reflektansi Difus Sawi	33
Gambar 4. 11	Spektrum Reflektansi Difus Kangkung	34
Gambar 4. 12	Spektrum Reflektansi Difus Bayam	34
Gambar 4. 13	Grafik Fitting Reflektansi Difus Bayam	35
Gambar 4. 14	Grafik Fitting Reflektansi Difus Sawi	36
Gambar 4. 15	Grafik Fitting Reflektansi Difus Kangkung	36
Gambar 4. 16	Koefisien Absorpsi Sawi Hasil Fitting	38
Gambar 4. 17	Koefisien Absorpsi Bayam Hasil Fitting	38
Gambar 4. 18	Koefisien Absorpsi Kangkung Hasil Fitting	39
Gambar 4. 19	Grafik Korelasi Kadar dan Koefisien Absorpsi Sawi	39
Gambar 4. 20	Grafik Korelasi Kadar dan Koefisien Absorpsi Bayam	40
Gambar 4. 21	Grafik Korelasi Kadar dan Koefisien Aborpsi Kangkung	40

Gambar 4. 22	Hasil Fitting Daun Sawi	42
Gambar 4. 23	Hasil Fitting Daun Bayam	43
Gambar 4. 24	Hasil Fitting Daun Kangkung.....	43

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Variasi Perbandingan Massa Daun dan Volume Ethanol.....	25
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Kadar Klorofil.....	28
Tabel 4. 3 Tabel Koefisien Determinasi Hasil Fitting	37
Tabel 4. 4 Parameter Hasil Fitting.....	37
Tabel 4. 5 Tabel Perbandingan Kadar Perhitungan dan Kadar Hasil Fitting	41
Tabel 4. 6 Koefisien Absorpsi dan Kadar Klorofil Daun Sayuran	44

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sayuran hijau banyak dikonsumsi oleh berbagai kalangan masyarakat, baik dikonsumsi secara langsung maupun dimasak terlebih dahulu. Berdasarkan Data dari Badan Pusat Statistika, sebanyak 97,29 % masyarakat Indonesia mengonsumsi sayur (BPS, 2016). Sayuran memiliki kandungan serat yang berfungsi untuk diet, penurunan kolesterol dan tekanan darah serta mengontrol kadar gula darah dengan melambatkan penyerapan karbohidrat. Vitamin, mineral serta zat-zat dalam sayuran dapat mencegah penyakit serangan jantung, diabetes dan juga kanker. Sayuran juga mengandung banyak air dimana mencegah terjadi dehidrasi dan kontribusi untuk kulit dan rambut yang indah (Settaluri, Al-Mamari, Ibrahim, Zayid, & Ali, 2015).

Terdapat zat lain yang terkandung didalam sayuran, yaitu klorofil dan karotenoid dimana berfungsi sebagai pigmen fotosintesis. Pigmen pada tumbuhan tidak hanya berperan sebagai pemberi warna dan fungsi fisiologis tumbuhan, tetapi juga untuk kesehatan. Sebagai contoh, karoten merupakan sumber vitamin A. Klorofil dan karotenoid memiliki fungsi penting dalam pencegahan dari beberapa penyakit seperti kanker, penyakit kardiovaskular dan penyakit kronis lainnya (Znidarcic, Ban, & Sircelj, 2011).

Klorofil merupakan kunci utama komponen biokimia yang bertanggung jawab atas fotosintesis dan merupakan indikator kesehatan tanaman. (Munoz-Ortuno, Serra-Mora, Herrera-Hernandez, Verdu-andres, & Campins-Falco, 2017). Kadar klorofil dapat digunakan sebagai indeks produktivitas fotosintesis tumbuhan. Secara tidak langsung, kadar klorofil menunjukkan estimasi status nutrisi tumbuhan karena nitrogen pada daun bergabung dengan klorofil (Gaherwar & Kulkarni, Estimation of Chlorophyll Content of Some Green Leafy Vegetables for Their Biochemical Properties, 2017). Nitrogen merupakan elemen

penting bagi pertumbuhan tanaman. Nitrogen penting untuk sintesis klorofil dan enzim (Li, et al., 2018).

Dari penjelasan diatas, klorofil berguna baik bagi tumbuhan sayuran itu sendiri maupun manusia yang mengkonsumsinya, Maka dari itu penting untuk mengetahui kadar klorofil dari sayuran tersebut.

Kadar klorofil dapat diukur secara akurat dengan metode konvensional yaitu ekstraksi klorofil didalam pelarut dan diikuti dengan pengukuran absorbansi menggunakan spektrometer. Namun, pengukuran secara non destruktif berbasis teknologi optik telah banyak digunakan (Parry, Blonquist, & Bugbee, 2014). Spektroskopi merupakan salah satu ilmu yang memanfaatkan perilaku cahaya terhadap material. Spektroskopi transmisi dan reflektansi diaplikasikan untuk estimasi kadar klorofil secara non destruktif. Berdasarkan penelitian sebelumnya metode reflektansi merupakan metode yang terbaik dan akan lebih baik lagi jika dibandingkan dengan spektroskopi absorbansi (Gitelson, Gritz, & Merzlyak, 2003).

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, tugas akhir ini bertujuan untuk melakukan penelitian mengenai pengukuran kadar klorofil menggunakan metode spektroskopi reflektansi dan absorbansi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka permasalahan yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana perbedaan karakteristik spektrum reflektansi dan absorbansi dari berbagai jenis daun tanaman sayuran?
- b. Bagaimana menentukan nilai parameter optik daun secara non-kontak dan non-destruktif?
- c. Bagaimana penentuan kadar klorofil menggunakan metode reflektansi difus?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, maka tujuan yang dapat diambil adalah karakterisasi perilaku spektrum pantulan difus dari beberapa tanaman sayuran sebagai teknik pengukuran kadar klorofil.

1.4 Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini, cakupan bahasan akan dibatasi sebagai berikut.

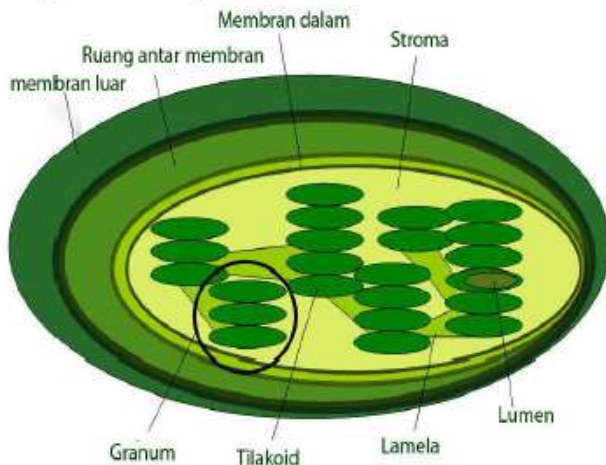
- a. Jenis sayuran yang digunakan adalah bayam, sawi, dan kangkung.
- b. Spektrometer yang digunakan adalah USB-650 Red Tide Ocean Optics.
- c. Rentang panjang gelombang yang digunakan adalah 400 nm – 750 nm.
- d. Karakteristik optik yang ditinjau adalah absorpsi dan refleksi difus serta korelasinya untuk penentuan kadar klorofil.

Halaman ini memang dikosongkan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Klorofil

Klorofil merupakan pigmen yang memberi warna hijau pada tanaman. Di dalam sel, klorofil dihipit oleh lapisan protein dan lemak dari lamellae kloroplas. Kloroplas merupakan organel sel tanaman yang terdiri dari membrane luar, membrane dalam, ruang antar membrane dan stroma. Permukaan membran dalam (tilakoid) membentuk kantong pipih, membentuk struktur disebut granum. Kumpulan dari granum adalah grana. Tilakoid memanjang yang menghubungkan antar granum disebut lamella. Stroma merupakan ruang dalam kloroplas yang berisi garam terlarut dalam air, klorofil terletak didalam ruang tilakoid (Champbell, J, & L, 2003).



Gambar 2. 1 Anatomi Klorofil
(Ai & Banyo, 2011)

Fungsi utama klorofil dalam proses fotosintesis antara lain ; memanfaatkan energi matahari, memicu fiksasi CO₂ untuk menghasilkan karbohidrat dan menyediakan energi bagi ekosistem secara keseluruhan. Karbohidrat yang telah dihasilkan

dari fotosintesis diubah menjadi asam nukleat, lemak, protein dan molekul organik lainnya. Cahaya diserap klorofil dalam bentuk radiasi elektromagnetik pada spektrum cahaya tampak namun tidak semua panjang gelombang diserap baik oleh klorofil (Bahri, 2010).

Tanaman tingkat tinggi memiliki 2 macam klorofil. Klorofil a dan klorofil b. Rumus molekul pada klorofil a adalah $C_{55}H_{72}N_4O_5$ dan klorofil b adalah $C_{55}H_{70}N_4O_6Mg$ (Palta, 1990). Klorofil a merupakan pigmen fotosintesis utama pada semua tanaman tingkat tinggi dan juga klorofil b dengan kadar yang lebih rendah. Klorofil a memiliki warna biru-hijau dan klorofil b memiliki warna kuning-hijau. Klorofil a dan b biasanya terdapat pada tanaman dengan perbandingan 3:1. Umur daun berdampak langsung terhadap warna dan kadar klorofil. Kadar klorofil maksimum terjadi saat daun sangat melebar dan sebelum terjadi gejala penuaan (Couto, 2016).

Klorofil adalah satu-satunya pigmen alami hijau yang diproduksi dalam jumlah besar. Keberadaan klorofil merupakan indikator dari tingkat kesehatan buah dan sayuran, sedangkan ketiadaan klorofil menjadi gejala kematangan jaringan. Ketika sayuran atau rumput laut dikonsumsi, klorofil yang terkandung didalamnya berpotensi memberi manfaat kesehatan bagi tubuh manusia seperti penangkal racun dan antioksidan untuk menangkal radikal bebas, mencegah oksidasi lemak (Roca, Chen, & Perez-Galvez, 2016).

Pengukuran kadar klorofil merupakan salah satu metode untuk mempelajari pengaruh kekurangan air terhadap pertumbuhan dan hasil produksi, karena parameter tersebut erat kaitannya dengan laju fotosintesis (Li, P, M, S, & S, 2006).

2.2 Pengukuran Kadar Klorofil

Klorofil meter yang telah banyak digunakan adalah SPAD-502. SPAD-502 merupakan perangkat yang dapat dibawa dan telah banyak digunakan karena cepat, akurat dan pengukuran secara non-destruktif. Alat tersebut telah banyak digunakan untuk penelitian serta aplikasi bidang pertanian, dengan rentang jenis

tanaman yang berbeda (Ling, Huang, & Jarvis, 2010). SPAD-502 mengukur kadar klorofil daun pada daerah panjang gelombang merah dan *near infrared*. Cahaya diemisikan oleh dua buah LED dengan puncak panjang gelombang 650 nm dan 940 nm. Ketika cahaya mengenai sampel, sejumlah cahaya yang ditransmisikan oleh daun di terima oleh reseptor dan diolah menjadi sinyal elektrik. Dari nilai absorpsi tersebut, SPAD-502 menghitung nilai SPAD dengan membagi intensitas cahaya pada 650 nm oleh 942 nm. Nilai SPAD inilah yang menunjukkan kadar relatif pada daun (Optics K. M., 2012). Namun klorofil meter tersebut memiliki harga yang relatif mahal apabila diaplikasikan untuk para petani di Indonesia.

Penentuan perilaku cahaya dengan kandungan pigmen fotosintesis pada daun merupakan kunci dalam mempelajari proses fotosintesis dan mengukur produktivitas tanaman. Molekul klorofil menyerap dan mengemisikan cahaya dimana menjadi dasar dari dua metode : absorpsi dan fluoresensi. Energi yang telah diserap dikeluarkan kembali melalui : a) emisi dalam bentuk radiasi panas, b) emisi dalam bentuk cahaya dengan panjang gelombang yang lebih panjang dari cahaya yang terserap. Rasio dari energi yang digunakan dengan energi yang hilang bergantung dari tinggi/rendahnya temperature, salinitas dan pH tanah, kekeringan, virus, bakteri, jamur hingga pestisida dan reaksi kimia sekitarnya (Pavlovic, et al., 2014).

Salah satu metode penentuan kadar klorofil berbasis cahaya adalah menggunakan metode spektrofotometri. Spektrofotometri terdiri dari metode destruktif dan non-destruktif.

2.2.1 Metode Destruktif

Prinsip metode destruktif adalah menganalisa klorofil yang telah diekstrak di dalam pelarut. Metode ini dapat dipercaya, namun membutuhkan waktu dan membutuhkan presisi yang bagus. Pemilihan pelarut menjadi hal yang penuh pertimbangan. Beberapa factor dapat mempengaruhi kinerja pelarut, antara lain adalah waktu yang dibutuhkan untuk ekstraksi, jumlah daun yang dibutuhkan dan presentase

kelembaban daun. Cahaya merupakan factor lingkungan penting yang dapat menyebabkan degradasi klorofil. Jadi ekstraksi dilakukan pada tempat gelap. Penentuan kadar klorofil tersebut berdasarkan intensitas absorbansi dari larutan ekstrak klorofil. Prosedur ini berdasarkan hukum Lambert-Beer pada hubungan linier antara nilai absorbansi dan kadar klorofil. Ekstraksi menggunakan ethanol adalah metode yang paling simple.

Penentuan kadar klorofil dapat dihitung dari persamaan berikut.

$$\text{Klorofil A} = 13.95A_{665} - 6.88A_{649} \quad (2.1)$$

$$\text{Klorofil B} = 24.96A_{649} - 7.32A_{665} \quad (2.2)$$

$$\text{Klorofil Total} = \text{Klorofil A} + \text{Klorofil B} \quad (2.3)$$

Dimana A_{665} dan A_{649} adalah nilai absorbansi pada panjang gelombang 665 nm dan 659 nm (Lichtenthaler & Buschmann, 2001).

2.2.2 Metode Non-Destruktif

Pengukuran kadar klorofil secara non-destruktif dapat dilakukan dengan menggunakan metode spektroskopi reflektansi. Pengukuran kadar klorofil non-destruktif menggunakan metode reflektansi pada daerah panjang gelombang infra merah menghasilkan indikator klorofil terbaik dibandingkan metode sebelumnya. Panjang gelombang yang paling tepat digunakan untuk metode spektroskopi reflektansi adalah 550 nm dan 700 nm (Gitelson, Gritz, & Merzlyak, 2003).

2.3 Spektroskopi

Spektroskopi adalah ilmu yang mempelajari mengenai interaksi cahaya dan material. Terdapat dua aspek dari interaksi tersebut yang dipelajari tentang atom dan molekul. Pertama, mengidentifikasi panjang gelombang spesifik dari suatu cahaya yang berinteraksi dengan atom dan molekul. Kedua, pengukuran jumlah cahaya yang diserap atau diemisikan pada panjang gelombang spesifik. Kedua aspek tersebut membutuhkan pembagian sumber cahaya ke masing-masing komponen panjang gelombang. Sehingga, aspek yang penting dari pengukuran

spektroskopi adalah merubah cahaya menjadi spektrum yang menunjukkan interaksi cahaya dengan sampel pada setiap panjang gelombang (Optics O. , 2017). Terdapat berbagai macam jenis interaksi cahaya. Contohnya adalah penyerapan dan pemantulan difus.

2.3.1 Spektroskopi Absorpsi/Penyerapan

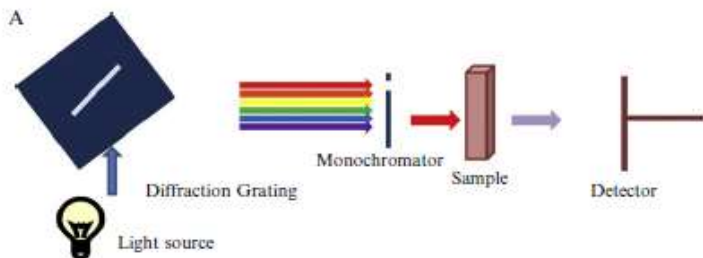
Spektroskopi absorpsi banyak digunakan untuk memperoleh spektrum absorpsi dari molekul spesifik dari suatu larutan atau padatan. Spektrum absorpsi adalah nilai absorpsi dari suatu substansi dengan fungsi panjang gelombang. Pada spektroskopi absorpsi, terdapat hukum Lambertt-beer dimana menunjukkan hubungan cahaya yang diserap terhadap sifat material yang ddilewati oleh cahaya tersebut dan ditunjukkan dalam persamaan berikut

$$A = \varepsilon l c \quad (2.4)$$

$$A = \log \frac{I_0}{I} \quad (2.5)$$

Dimana I_0 dan I adalah intensitas cahaya datang dan cahaya tertransmisikan, ε adalah koefisien absorpsi molar dengan satuan $\text{dm}^3/\text{mol}\cdot\text{cm}^{-1}$ atau M/cm , l panjang lintasan cahaya pada kuvet yan biasanya sebear 1 cm.

Spektrofotometer absorpsi merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya yang diserap terhadap fungsi panjang gelombang. Berikut merupakan komponen dari perangkat spektrofotometer.

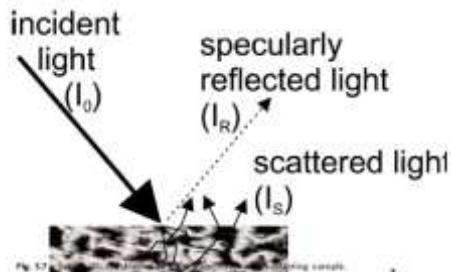


Gambar 2. 2 *Single Beam Spektrometer*
(Nilapwar, Nardelli, Westerhoff, & Verma, 2011)

Terdapat dua tipe spektrofotometer, *single beam* dan *double beam spectrophotometer*. *Single beam* merupakan perangkat yang lebih murah dan mudah. Pada *single beam*, sampel referensi diukur terpisah dengan sampel yang diuji. Sedangkan pada *double beam* pengukuran sampel referensi dan uji diukur secara bersamaan (Nilapwar, Nardelli, Westerhoff, & Verma, 2011).

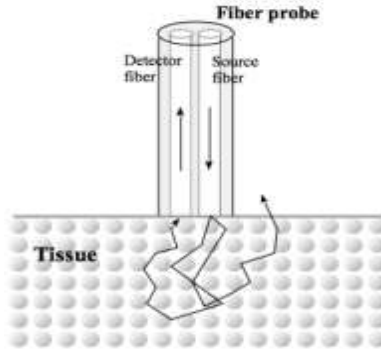
2.4 Diffuse Reflectance Spectroscopy (DRS)

Diffuse Reflectance Spectroscopy merupakan teknik spektroskopi non invasive yang digunakan untuk karakterisasi optik kuantitatif pada jaringan. DRS merupakan metode berbasis pantulan difus dimana cahaya yang mengenai permukaan non homogen dan kasar, sebagian akan dipantulkan, sebagian akan dihamburkan secara difus, dan sebagian masuk ke dalam permukaan. Nilai pemantulan yang terukur meliputi semua mekanisme yang terjadi seperti gambar 2.3.



Gambar 2.3 Mekanisme Pantulan Difus

Prinsip dasar dari teknik DRS digambarkan pada gambar 2.4. Cahaya melewati jaringan dan setelah terjadi beberapa hamburan dan serapan kemudian cahaya keluar dari jaringan dengan membawa informasi mengenai jaringan. Cahaya yang terpantulkan terdiri dari pantulan spekular dan pantulan difus (Shanti Prince, 2011).



Gambar 2. 4 Prinsip Dasar DRS
(Yavari, 2016)

Menggunakan teknik berbasis model atau pendekatan statistic seperti analisa multivariasi, karakteristik optik dari sampel dapat diketahui dari persebaran cahaya didalam jaringan yang dapat digunakan untuk mendiagnosa informasi seperti tingkat kesehatan pada jaringan. Hal yang paling penting dari karakteristik optik adalah hamburan (bergantung ukuran, kepadatan dan indeksi bias dari jenis jaringan) dan penyerapan (bergantung komposisi komofor jaringan) (Yavari, 2016).

Pada analisa berbasis model, model dibuat berdasarkan perjalanan cahaya melalui jaringan yang bergantung pada karakteristik spectral dari kromofor jaringan uncut menentukan koefisien penyerapan (μ_a) dan koefisien reduksi hamburan (μ_s').

Model spektrum dicocokkan dengan hasil spektrum reflektansi normalisasi dan koefisien model telah diketahui. Pengukuran reflektansi pada sampel jaringan $R_s(\lambda)$ dinormalisasi dengan reflektansi standar $R_{std}(\lambda)$ dan hasil spektrum didenotasikan $R_{norm}(\lambda)$ (Shanti Prince, 2011).

$$R_{norm}(\lambda) = \frac{R_s(\lambda)}{R_{std}(\lambda)} = \frac{S(\lambda)T_s(\lambda)\eta_{c,s}(\lambda)D(\lambda)}{S(\lambda)T_{std}(\lambda)\eta_{c,std}(\lambda)D(\lambda)} \quad (2.6)$$

Dimana $S(\lambda)$ adalah daya sumber cahaya, $D(\lambda)$ adalah sensitivitas detector, $T_s(\lambda)$ adalah optical transport di sampel medium dan kembali ke permukaan pada fiber, $T_{std}(\lambda)$ adalah

optical transport pada medium standard an kembali ke permukaan, $\eta_{c,s}(\lambda)$ adalah efisiensi fiber pada sampel dan $\eta_{c,std}(\lambda)$ adalah efisiensi fiber pada standar.

Nilai S dan D adalah sama pada sampel dan standar, sehingga $R_{norm}(\lambda)$ dapat ditulis

$$R_{norm}(\lambda) = \frac{T_s(\lambda)\eta_{c,s}(\lambda)}{T_{std}(\lambda)\eta_{c,std}(\lambda)} \quad (2.7)$$

Fraksi transport T yang dikumpulkan oleh serat optik pada jarak 'r' dari permukaan adalah

$$T(\mu_a, \mu'_s) = \frac{1}{4\pi} \left[Z_0 \left[\mu_{eff} + \frac{1}{r_1} \right] \frac{e^{-\mu_{eff}r_1}}{r_1^2} + (Z_0 + 2Z_b) \left[\mu_{eff} + \frac{1}{r_2} \right] \frac{e^{-\mu_{eff}r_2}}{r_2^2} \right] \quad (2.8)$$

Dimana $Z_0 = \frac{1}{\mu_a + \mu'_s}$, $Z_b = 2AD$, $D = \frac{Z_0}{3}$, $\mu_{eff} = [\sqrt{D/\mu_a}]^{-1}$, $r_1 = \sqrt{(Z_0^2 + r^2)}$, $r_2 = \sqrt{(Z_0 + 2Z_b)^2 + r^2}$ dan $A = (1 + r_i)/(1 - r_i)$.

r_i merupakan parameter pantulan specular internal dari indeks bias,

$$r_i = 0.668 + 0.0636n + \frac{0.71}{n} - \frac{1.440}{n^2} \quad (2.9)$$

Model spektrum untuk perjalanan cahaya berdasar teori difus telah diformulasikan. Pantulan prediksi dirumuskan sebagai berikut

$$R_p = G * T(\mu_a, \mu'_s) \quad (2.10)$$

Dimana G merupakan factor yang memuat diameter, NA, dan rasio diantara efisiensi fiber sampel dan standar.

2.4.1 Penyerapan

Pada proses penyerapan, energi dari cahaya disalurkan menuju jaringan. Pada bidang biomedis, molekul yang menyerap cahaya pada rentang panjang gelombang tampak disebut kromofor. Beberapa molekul memiliki hubungan spesifik antara

besarnya absorpsi dan energi dari cahaya yang melaluinya. Hal ini bergantung pada struktur kimia, ukuran, dan bentuk. Hubungan spesifik tersebut dapat dikatakan sebagai koefisien absorpsi pada fungsi panjang gelombang $\mu_a(\lambda)[mm^{-1}]$ dan molar absorbtivitas $\varepsilon(\lambda)[L.mole^{-1}.mm^{-1}]$ (Quantitative Diffuse Reflectance Spectroscopy, 2009).

Kemampuan kromofor menyerap cahaya ditentukan oleh nilai koefisien absorpsi μ_a . Untuk menyatakan parameter intrinsik kromofor, digunakan parameter optik intrinsik ε , dengan hubungannya dengan kadar C adalah

$$\mu_a = 2.3 \varepsilon C \quad (2.11)$$

2.4.2 Hamburan

Peristiwa penghamburan atau disebut *scattering* terjadi apabila cahaya melewati medium yang memiliki variasi indeks bias. Kemungkinan terjadinya *scattering* dinyatakan dalam koefisien *scattering* μ_s (S. L. Jacques, 1998).

Sama halnya dengan koefisien absorpsi, koefisien *scattering* merupakan koefisien yang bergantung pada panjang gelombang, dimana persamaan *scattering* yang digunakan pada pemodelan adalah

$$\mu'_s = A \left(\frac{\lambda(nm)}{1000} \right)^{-B}$$

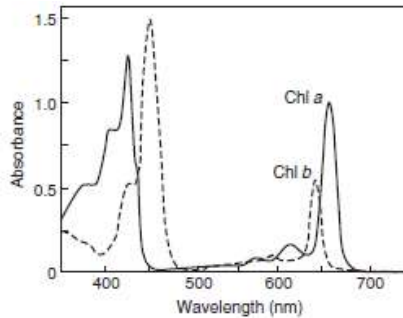
2.5 Karakteristik Optik Daun

Telah diketahui bahwa spektrum reflektansi dari daun merupakan fungsi dari cahaya yang diserap oleh komponen penyerap (klorofil, karotenoid, air, selulosa, dll) dan hamburan didalam jaringan yang tidak diserap (Stephane Jacquemoud, 2008).

Karakteristik spectral dari radiasi yang dipantulkan, diemisikan dan diserap oleh daun dapat memberikan respon fisiologis keadaan pertumbuhan dan adaptasi tanaman (Carter & Knapp, 2001).

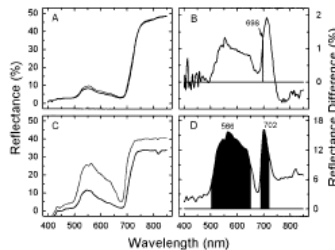
Bermacam jenis pigmen tumbuhan menyerap cahaya secara tumpang tindih pada beberapa daerah spektrum. Klorofil a

dan b menyerap cahaya pada rentang biru (428 nm- 453 nm) dan merah (640 nm – 65 nm) (Lichtenthaler & Buschmann, 2001).



Gambar 2. 5 Spektrum Absorbansi Klorofil A dan B
(Lichtenthaler & Buschmann, 2001)

Pengukuran kadar klorofil berdasarkan spektrum reflektansi pada daerah spektrum hijau sekitar 550 nm dan daerah inframerah sekitar 700 nm.



Gambar 2. 6 Spektrum Reflektansi Klorofil a dan Klorofil b
(Carter & Knapp, 2001)

2.6 Phantom Optis

Phantom Optis merupakan jaringan tiruan yang memiliki sifat optis sama dengan aslinya. Hal yang paling penting untuk menyusun phantom optis adalah mencampurkan komponen penyerap dan penghamburnya dan juga homogenitas dari campuran tersebut. Komponen penghambur dapat berupa *fat emulsion* (susu, intralipid, vasolipid) dan *polystyrene*

microspheres. Sedangkan untuk komponen penghambur, biasanya menggunakan tinta atau zat pewarna. (Quantitative Diffuse Reflectance Spectroscopy, 2009).

2.7 Fitting Non-Linear Least Square

Fitting merupakan proses membangun suatu kurva atau fungsi matematis yang memiliki kecocokan dengan data yang dimiliki (Arlinghaus, 1994).

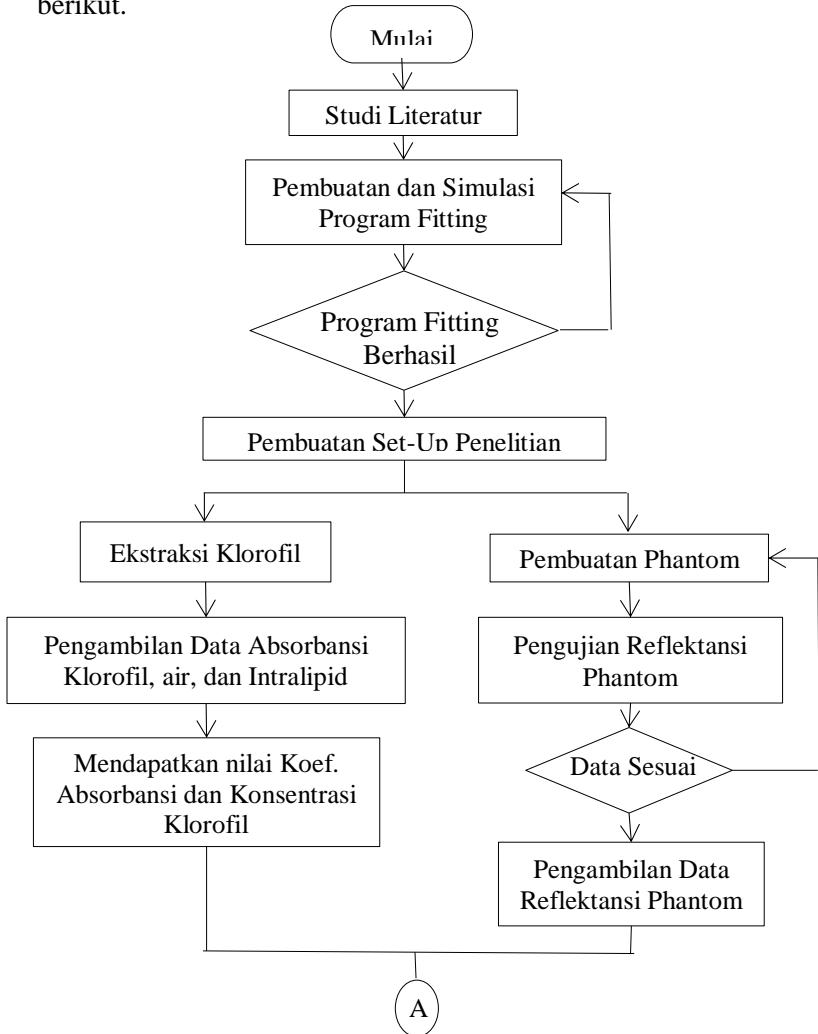
Non linear least square memiliki fungsi yang lebih luas dibandingkan linear least square. Hampir semua fungsi dapat digambarkan oleh fungsi non linear. Pada estimasi least square, nilai parameter yang tidak diketahui $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots$ dari fungsi $f(\vec{x}; \vec{\beta})$ diestimasi dengan menemukan nilai numerik parameter yang meminimalisasi kuadrat deviasi antara hasil observasi dan fungsi model. Pada non linear least square minimalisasi dilakukan dengan menggunakan algoritma iterasi.

Keuntungan terbesar menggunakan non linear least square daripada teknik fitting lain adalah rentang fungsi yang sangat luas. Selain itu, non linear least square dapat menghasilkan estimasi yang baik untuk parameter yang tidak diketahui. Namun non linear least square juga memiliki kerugian yaitu harus dioptimalkan dengan algoritma iterasi serta harus diketahui nilai awalan parameter yang sedekat mungkin dengan nilai estimasi (NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods, 2013).

Halaman ini memang dikosongkan

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berikut ini adalah tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini, secara umum dapat dilihat dari diagram alir berikut.





Gambar 3. 1 *Flow Chart* Penelitian

3.1 Pembuatan dan Simulasi Program Fitting

Program fitting dibuat dengan menggunakan software matlab. Awalan pembuatan program fitting adalah pembuatan fungsi persamaan difus pada persamaan 2.8-2.10 yang berisi parameter yang belum diketahui dan akan dicari melalui program fitting. Setelah pembuatan fungsi selesai, maka memulai fitting. Jenis fitting yang digunakan adalah *non linear least square*.

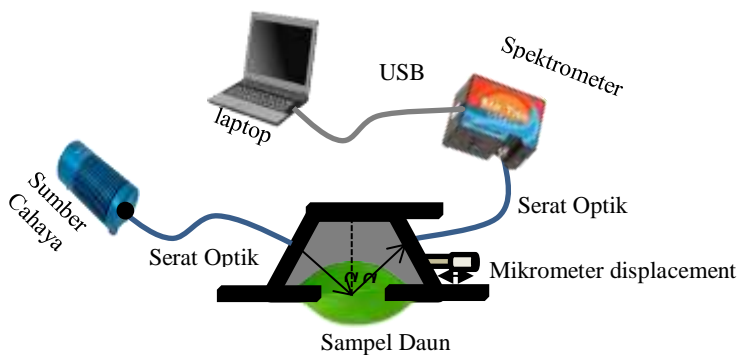
Pada program tersebut, dilakukan input data reflektansi phantom, nilai koefisien absorpsi air, serta batas atas, batas bawah dan nilai tebakan setiap parameter. Nilai batas atas, batas bawah serta nilai tebakan harus mendekati nilai estimasi yang akan diberikan untuk meminimalkan deviasi dari fungsi fitting dan data yang diinputkan.

Apabila didapatkan hasil fitting yang bagus, maka persamaan tersebut tepat digunakan dan selanjutnya program fitting dilakukan untuk mengetahui parameter optik dan

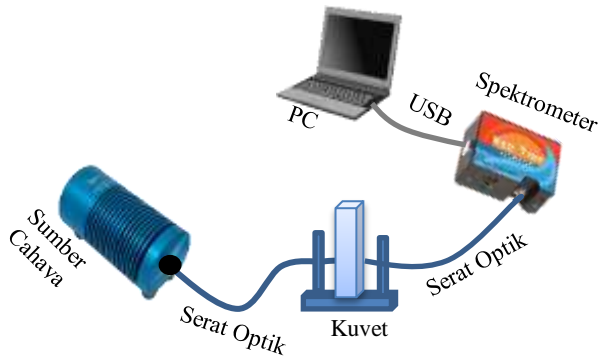
kemudian dibandingkan dengan perhitungan parameter optik hasil eksperimen. Apabila hasil fitting tidak baik, maka perlu dilakukan pembuatan ulang atau peninjauan ulang program fitting. Baik tidaknya program fitting dinyatakan oleh nilai R^2 , dengan rentang nilai 0-1. Apabila mendekati 1, maka fitting tersebut dapat dikatakan sesuai.

3.2 Pembuatan *Set-Up* Penelitian

Set up penelitian merupakan rancangan alat yang digunakan untuk mengambil data pada penelitian ini. Pada penelitian ini terdapat 2 metode yang digunakan, yaitu Spektroskopi Absorpsi dan *Diffuse Reflectance Spectroscopy*. Peralatan yang digunakan adalah spektrometer, *fiber optic probe*, *integrating sphere*, jangka sorong, software SpectraSuite, cuvette serta segitiga peletakan probe. Segitiga disambungkan dengan jangka sorong, sehingga pergeseran segitiga dapat diamati oleh jangka sorong dengan ketelitian hingga 0,01 milimeter. Berikut merupakan rancangan set-up yang dibuat.



Gambar 3. 2 Set Up *Diffuse Reflectance Spectroscopy*



Gambar 3. 3 Set Up Spektroskopi Absorbansi

3.3 Ekstraksi Klorofil

Ekstraksi klorofil dilakukan untuk mendapatkan klorofil dari daun. Ekstraksi dilakukan dengan cara merendam daun pada pelarut organik. Pada penelitian ini, pelarut organik yang digunakan adalah ethanol 96%. Ekstraksi dilakukan dengan cara merendam daun didalam ethanol selama 24 jam dan diletakkan dalam wadah tertutup. Ekstrak yang didapatkan kemudian disaring menggunakan ketas saring sehingga terpisah dengan daun dan kotoran. Kemudian, ekstrak disimpan di wadah tertutup, terhindar dari sinar matahari kemudian segera dilakukan pengujian.

3.4 Pengambilan Data Absorbansi Klorofil, Air dan Intralipid

Pengambilan data absorbansi dilakukan dengan menggunakan set up absorbansi yang telah dijelaskan sebelumnya. Data absorbansi didapatkan dengan fungsi logaritmik perbandingan intensitas awal sebelum melewati sampel (I_0) dan setelah melewati sampel (I). Untuk data absorbansi klorofil, didalam kuvet I_0 berupa ethanol yang merupakan pelarut dan I berisi ekstrak klorofil. Untuk data absorbansi aquades, didalam kuvet I_0 berupa kuvet kosong dan I berisi aquades. Untuk data absorbansi intralipid, dilakukan pengenceran intralipid sebanyak $10 \mu\text{l}$ didalam 100 ml aquades. I_0 merupakan kuvet yang berisi aquades dan I merupakan kuvet

yang berisi hasil pengenceran intralipid. Pengenceran intralipid dilakukan agar intralipid tidak terlalu pekat, sehingga dapat dilakukan pengujian absorbansi.

3.5 Mendapatkan Nilai Koefisien Absorbansi dan Kadar Klorofil

Nilai koefisien absorbansi didapatkan dengan melakukan perhitungan rumus berikut.

$$\varepsilon_a = \frac{\ln\left(\frac{I_0}{I}\right)}{\rho \cdot l}$$

Sementara itu, untuk menentukan koefisien absorpsi akuades dilakukan dengan melakukan perhitungan berikut.

$$\mu_a = \frac{\ln\left(\frac{I_0}{I}\right)}{l}$$

Dimana :

- ε_a = Nilai koefisien absorpsi instrinsic (cm^{-1})
- I_0 = Intensitas cahaya sebelum melewati sampel. (arb.unit)
- I = Intensitas cahaya setelah melewati sampel. (arb.unit)
- ρ = Kadar sampel (v/v)

Perhitungan kadar klorofil menggunakan persamaan 2.1 sampai 2.3 pada panjang gelombang 665 nm dan 649 nm.

3.6 Pembuatan Phantom Daun

Jenis phantom yang dibuat merupakan phantom solid, dimana menggunakan agar sehingga struktur phantom menjadi padat. Phantom daun dibuat dengan komposisi intralipid sebagai komponen penghambur, klorofil dan aquades sebagai komponen penyerap. Kuantitas masing masing komponen menggunakan satuan volume. Intralipid 20% 2 ml, klorofil 10 ml, dan aquades sebanyak 13 ml. Banyaknya agar yang dibutuhkan adalah 3% dari keseluruhan total volume phantom.

Adapun cara pembuatan phantom adalah sebagai berikut. Agar, intralipid dan aquades dicampurkan kemudian dipanaskan dalam suhu 50-70 °C selama ± 3 menit dan diaduk merata. Kemudian, dimasukkan klorofil dengan variasi kadar yang

berbeda beda. Phantom diletakkan pada cetakan dan dibiarkan beberapa saat hingga struktur menjadi padat (Setiadi, 2018).

3.7 Pengujian Reflektansi Phantom

Pengujian reflektansi phantom dilakukan untuk memastikan apakah phantom yang dibuat memiliki bentuk spektrum reflektansi yang sama dengan spektrum reflektansi daun asli. Apabila spektrum reflektansi sesuai, maka phantom dapat digunakan pengujian dan diamsumsikan memiliki sifat karakteristik optik yang sama.

Setiap phantom yang telah dibuat, dilakukan pengujian reflektansi difus menggunakan *set up* yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya.

Pengambilan data phantom dilakukan dengan meletakkan sampel dibawah set up reflektansi sesuai yang telah dijelaskan sebelumnya. Pengambilan data phantom diambil dengan 5 variasi jarak dari titik 0. Titik 0 merupakan titik dimana memiliki intensitas reflektansi tertinggi. Variasi jarak terdiri dari 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm dan 5 mm.

Pengambilan data reflektansi dinormalisasi dengan data reflektansi standar. Reflektansi standar adalah nilai reflektansi ketika menggunakan *integrating sphere*, yang mana nilai reflektansi tersebut mendekati nilai 1.

3.8 Menjalankan Program Fitting

Data reflektansi yang telah didapatkan dari variasi konsentrasi, jarak hingga jenis sayuran diinputkan pada program matlab. Kemudian *run* program matlab sehingga didapatkan nilai parameter optik dari hasil fitting tersebut, selain itu nilai koefisien determinasi juga dipertimbangkan untuk menganalisa berhasil atau gagal program fitting tersebut.

3.9 Korelasi Kadar Perhitungan dan Kadar Fitting

Kadar hasil fitting didapatkan dari nilai koefisien absorpsi hasil fitting serta diihitung menggunakan persamaan 2.11. Nilai kadar yang didapatkan dari hasil fitting kemudian dibandingkan

dengan kadar hasil perhitungan. Dari nilai kedua kadar tersebut maka dapat diketahui eror pengukuran kadar klorofil ini, sehingga selanjutnya dapat ditarik kesimpulan.

Halaman ini memang dikosongkan

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Data Absorbansi

Pengambilan data absorbansi dilakukan pada komponen penyusun phantom yaitu klorofil, aquades, dan intralipid dengan hasil sebagai berikut.

4.1.1 Data Absorbansi Klorofil

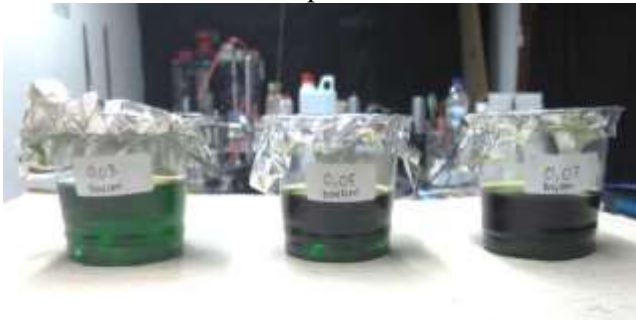
Klorofil yang telah diekstrak, kemudian dilakukan pengambilan data absorbansi pada anjang gelombang 400-700 nm. Klorofil diekstrak dengan perbandingan antara massa daun (gram) dan volume ethanol (ml) . Hal ini dilakukan dengan asumsi bahwa semakin besar perbandingan daun dibandingkan ethanol, maka klorofil yang dihasilkan lebih banyak jika dibandingkan dengan perbandingan daun yang lebih sedikit. Namun hal ini tidak dapat dijadikan landasan perhitungan kadar, karena yang terukur adalah massa daun bukan massa klorofil. Berikut merupakan variasi perbandingan massa daun dan volume ethanol.

Tabel 4.1 Variasi Perbandingan Massa Daun dan Volume Ethanol

No	Sayuran	Massa Daun (g) / 100 ml Ethanol
1.	Sawi	0,015
		0,03
		0,06
2.	Bayam	0,03
		0,05
		0,07
3.	Kangkung	0,025
		0,028
		0,04
		0,067

Variasi perbandingan massa daun dan volume ethanol yang dihasilkan tidak terlalu banyak. Hal ini dikarenakan untuk sayur sawi, bayam dan kangkung dengan perbandingan diatas 0,06 ; 0,07 dan 0,067 menghasilkan ekstrak klorofil yang sangat pekat. Ekstrak klorofil yang sangat pekat apabila dilakukan pengujian absorpsi maka tidak dapat menunjukkan *peak* pada panjang gelombang penyerapan klorofil .

Berikut merupakan foto hasil ekstrak klorofil yang didapatkan dengan cara merendam daun didalam ethanol selama 24 jam dan dikondisikan tertutup .



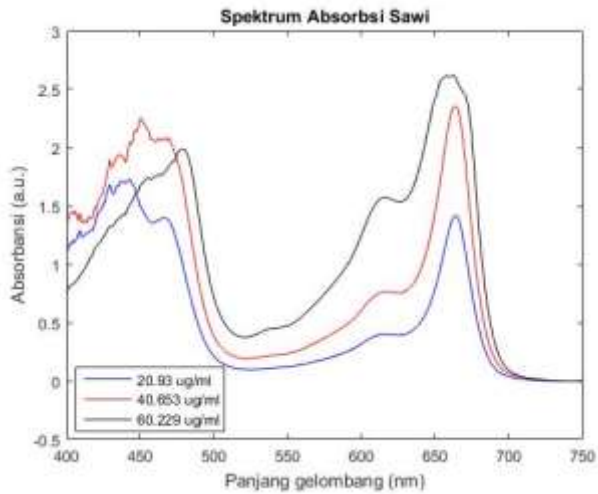
Gambar 4.1 Ekstrak Klorofil Daun Bayam dengan Perbandingan massa dan Volume 0,03 ; 0,05 dan 0,07.



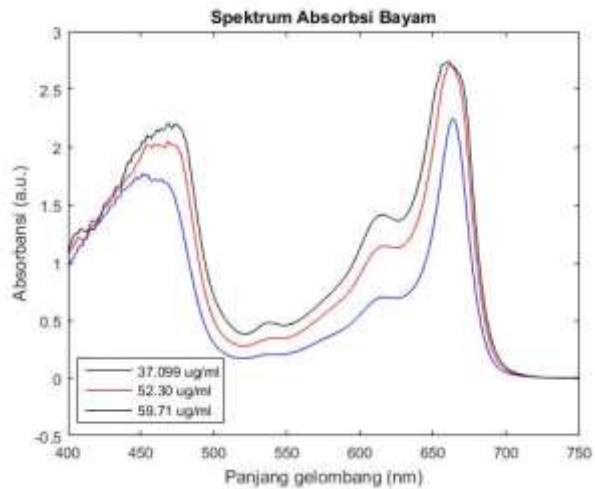
Gambar 4. 2 Daun Setelah Dilakukan Ekstraksi Klorofil

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa terdapat perubahan warna daun setelah dilakukan ekstrak klorofil. Setelah didapatkan ekstrak klorofil, maka dilakukan pengujian spektroskopi absorpsi

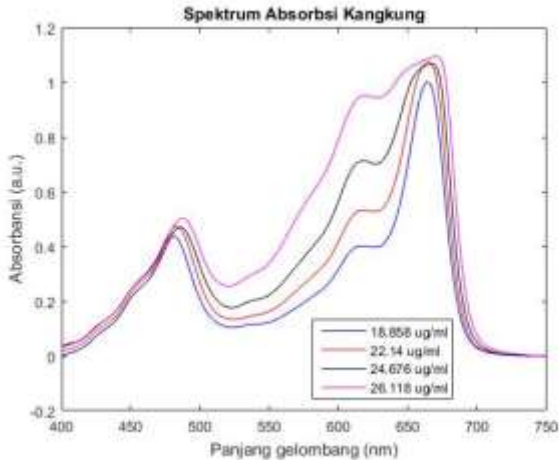
dengan *set-up* yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Berikut merupakan hasil pengujian spektroskopi absorpsi dalam bentuk spektrum absorpsi klorofil.



Gambar 4. 3 Spektrum Absorpsi Klorofil Daun Sawi



Gambar 4. 4 Spektrum Absorpsi Klorofil Daun Bayam



Gambar 4. 5 Spektrum Absorpsi Klorofil Daun Kangkung

Pengujian spektroskopi absorpsi menghasilkan nilai absorbansi pada setiap panjang gelombang. Berdasarkan ketiga grafik diatas, maka terdapat beberapa panjang gelombang yang memiliki nilai absorbansi puncak. Nilai absorbansi puncak inilah yang digunakan selanjutnya untuk perhitungan kadar klorofil. Kadar klorofil menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Klorofil } a \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{ml}} \right) = 13,95 (A665) - 6,88 (A649)$$

$$\text{Klorofil } b \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{ml}} \right) = 24,96 (A649) - 7,32 (A665)$$

$$\text{Klorofil Total} \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{ml}} \right) = \text{Klorofil } a + \text{Klorofil } b$$

Dimana : A665= Nilai absorbansi pada panjang gelombang 665

A649= Nilai absorbansi pada panjang gelombang 649

Dengan hasil perhitungan kadar pada masing-masing sayuran sebagai berikut.

Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Kadar Klorofil

Sayuran	Perbandingan Massa Daun dan Voume Ethanol	A665	A649	Total Klorofil ($\mu\text{g}/\text{ml}$)
Sawi	0,015	1,308	0,678	20,93

	0,03	2,333	1,393	40,653
	0,06	2,556	2,394	60,299
Bayam	0,03	2,217	1,239	37,099
	0,05	2,653	1,92	52,303
	0,07	2,685	2,318	59,711
Kangkung	0,025	1,000	0,676	18,858
	0,028	1,074	0,8307	22,141
	0,04	1,095	0,963	24,676
	0,067	1,087	1,045	26,118

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa semakin tinggi perbandingan massa daun dan volume ethanol juga semakin tinggi kadarnya. Kadar inilah yang nantinya akan dipergunakan untuk pembanding pada tahap selanjutnya. Kadar memiliki satuan $\mu\text{g/ml}$ sesuai pada rumus diatas.

Setelah didapatkan nilai kadar klorofil, maka selanjutnya penting untuk diketahui nilai koefisien intrinsik absorpsi klorofil ϵ . Koefisien intrinsic absorpsi klorofil diketahui berdasarkan hukum Lambert-Beer berikut :

$$A = \epsilon C l$$

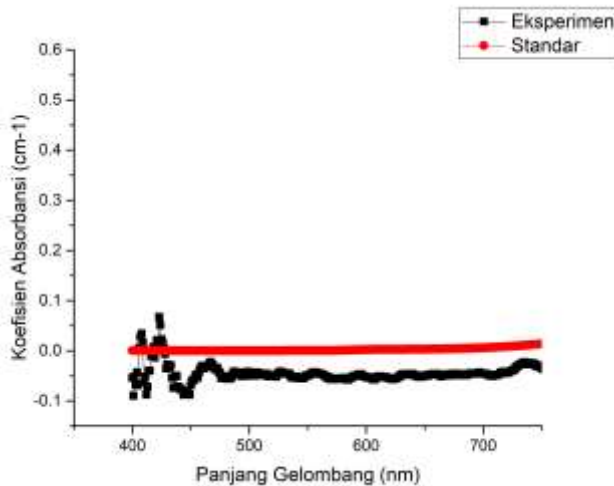
Dimana A adalah nilai absorpsi (a.u.), ϵ koefisien intrinsic absorpsi klorofil ($\mu\text{g}^{-1} \text{ ml cm}^{-1}$), C adalah kadar klorofil ($\mu\text{g ml}^{-1}$) dan l adalah lebar kuvet sebesar 1 cm. Nilai koefisien intrinsic absorpsi klorofil telah disajikan pada lampiran dalam laporan ini.

4.1.2 Data Absorbansi Aquades

Data absorbansi aquades dihitung dengan menggunakan persamaan

$$A = \ln\left(\frac{I_0}{I}\right)$$

Dengan I_0 merupakan intensitas cahaya melewati kuvet, dan I merupakan cahaya melewati aquades. Berikut merupakan hasil koefisien absorpsi aquades dan dibandingkan dengan nilai standar yang didapatkan dari www.omlc.org penelitian dari G. M. Hale and M. R. Query yang berjudul '*Optical constants of water in the 200nm to 200 nm wavelength region*'

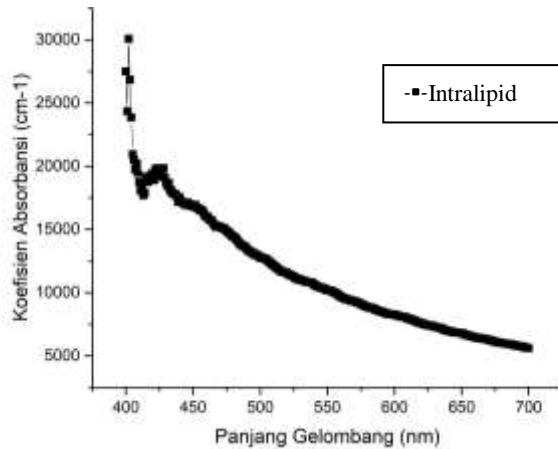


Gambar 4. 6 Koefisien Absorbansi Aquades

Nilai koefisien absorpsi yang didapatkan dari hasil eksperimen tidak terlalu bagus jika dibandingkan dengan nilai koefisien absorpsi standar. Namun nilai dan bentuk spektrum tidak terlalu berbeda. Hal ini dapat dikarenakan oleh kesalahan pengambilan data referensi. Pada saat pengambilan spektrum referensi, cahaya yang diserap lebih banyak dibandingkan cahaya yang diserap oleh sampel. Untuk analisa selanjutnya, maka digunakan nilai koefisien absorpsi dari standar agar didapatkan hasil yang maksimal. Nilai koefisien absorpsi selanjutnya digunakan untuk program fitting.

4.1.3 Data Absorbansi Intralipid

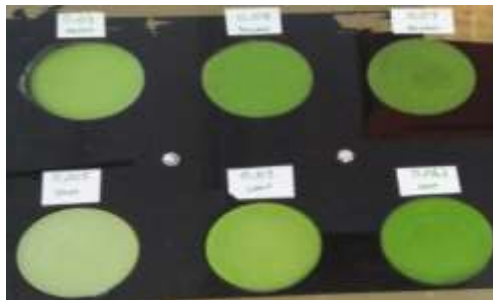
Intralipid yang digunakan adalah intralipid Fresinus Kabi 20%. Sebanyak 10 μ l intralipid dicampurkan dengan 100 ml aquades, sehingga intralipid tidak terlalu pekat. Karena apabila intralipid terlalu pekat maka hasil absorbansi sangat jelek. Berikut merupakan grafik koefisien ekstinsi absorbansi intralipid.



Gambar 4. 7 Koefisien Ekstinsi Absorbansi Intralipid

4.2 Pembuatan Phantom Daun

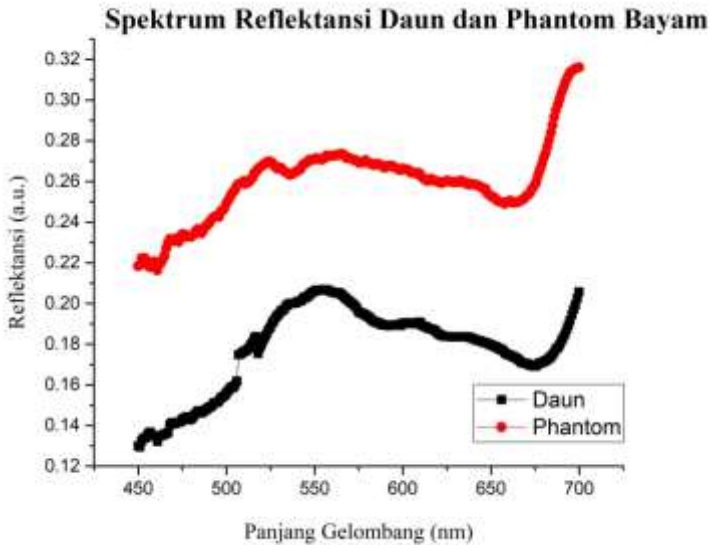
Phantom daun dibuat dengan komponen intralipid 20%, aquades, klorofil dan agar, dengan metode yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Berikut merupakan gambar hasil pembuatan phantom daun. Dari phantom yang didapatkan, semakin tinggi kadar klorofil dari phantom tersebut, maka semakin hijau warna phantom tersebut. Dengan ini dapat diasumsikan bahwa phantom tersebut dapat mewakili daun dengan berbagai macam kadar klorofil.



Gambar 4. 8 Phantom Daun Bayam dan Sawi

4.2.1 Uji Reflektansi Phantom Daun

Pada uji reflektansi phantom ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah phantom yang dibuat memiliki spektrum reflektansi yang sama dengan daun asli. Berikut merupakan grafik perbandingan spektrum reflektansi Daun dan Phantom.



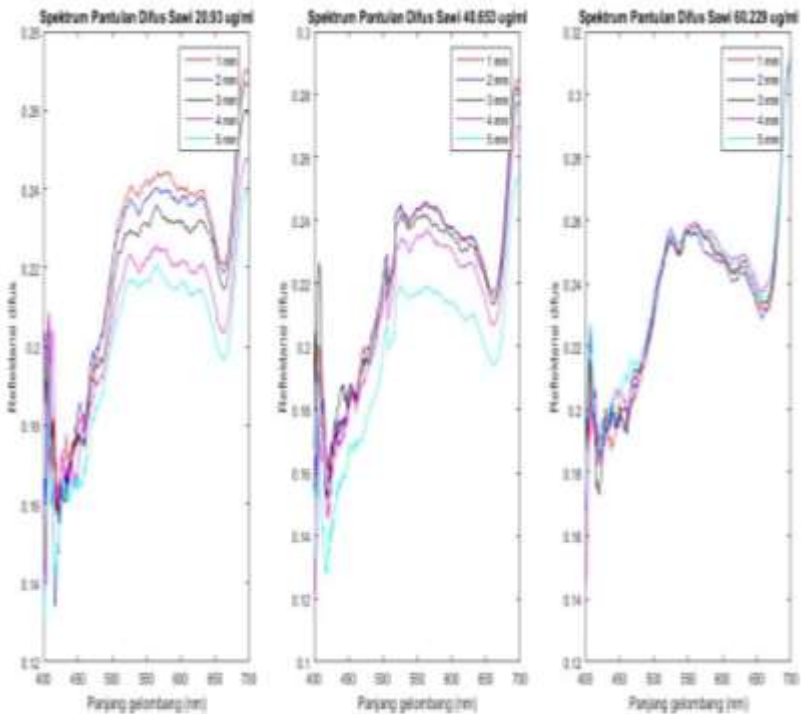
Gambar 4. 9 Grafik Reflektansi Daun vs Phantom

Dari grafik diatas, menunjukkan bahwa phantom yang dibuat memiliki pola spektrum reflektansi yang sama, namun dengan intensitas yang berbeda. Hal ini dikarenakan pengambilan data tidak pada waktu yang sama, sehingga setting *integration time* berbeda. Pada pengukuran seharusnya nilai dari *integration time* sama karena merupakan banyaknya waktu yang digunakan sensor untuk mengumpulkan cahaya, sehingga semakin besar *integration time*, maka semakin tinggi intensitas cahaya yang dihasilkan. Dari grafik diatas, maka phantom yang dibuat, dapat mewakili nilai reflektansi daun karena spektrum reflektansi yang hampir sama.

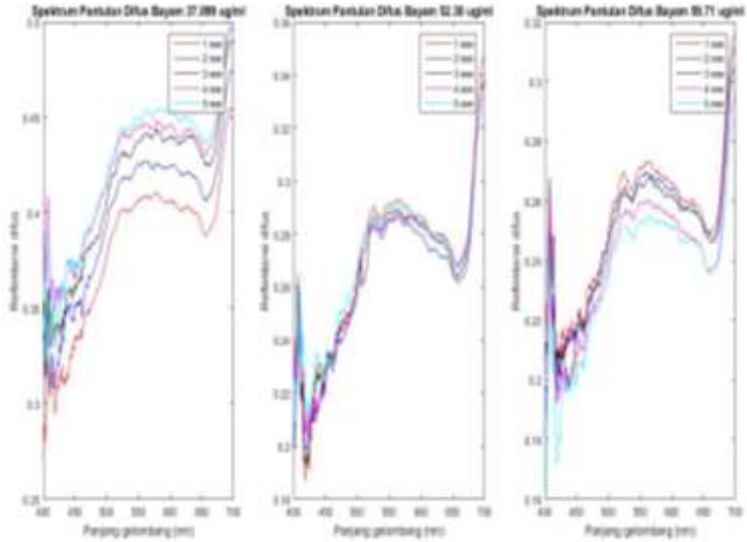
4.3 Pengambilan Data Reflektansi Phantom

Pengambilan data dari phantom dilakukan di setiap macam sayuran dan kadarnya. Setiap variasi sayur kadar dilakukan pengambilan data pada 5 variasi jarak, yaitu 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm dan 5 mm.

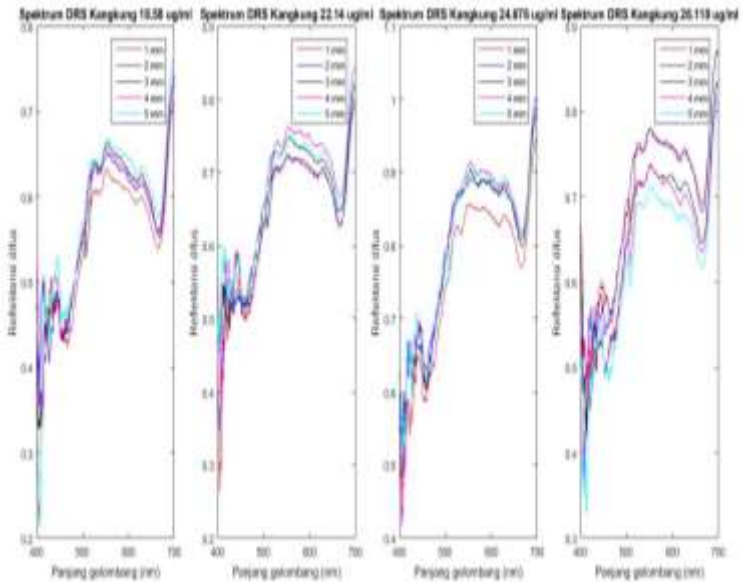
Hal ini dilakukan karena pada persamaan difus yang digunakan juga terdapat fungsi jarak didalamnya. Selain itu, pada langkah selanjutnya dilakukan fitting untuk mengetahui 4 parameter yang belum diketahui. Berikut merupakan grafik hasil pengambilan data reflektansi.



Gambar 4. 10 Spektrum Reflektansi Difus Sawi



Gambar 4. 12 Spektrum Reflektansi Difa Bayam

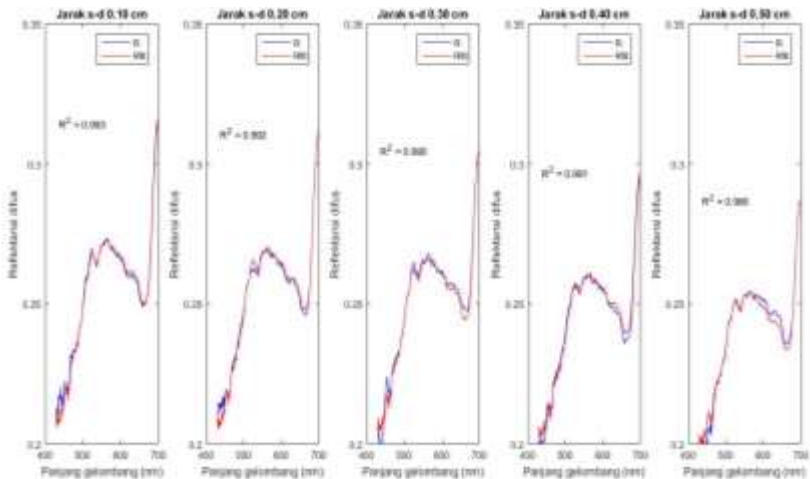


Gambar 4. 11 Spektrum Reflektansi Difa Kangkung

Dari 3 grafik diatas terdapat kenaikan dan penurunan nilai reflektansi pada setiap jarak, namun tidak ada pola kenaikan atau penurunan yang sama pada setiap perubahan jarak. Hal ini dapat diakibatkan karena terjadinya pantulan difus dimana pantulan terjadi diberbagai arah sehingga intensitas cahaya yang dipantulkan juga tidak seragam.

4.4 Hasil *Fitting Phantom Daun*

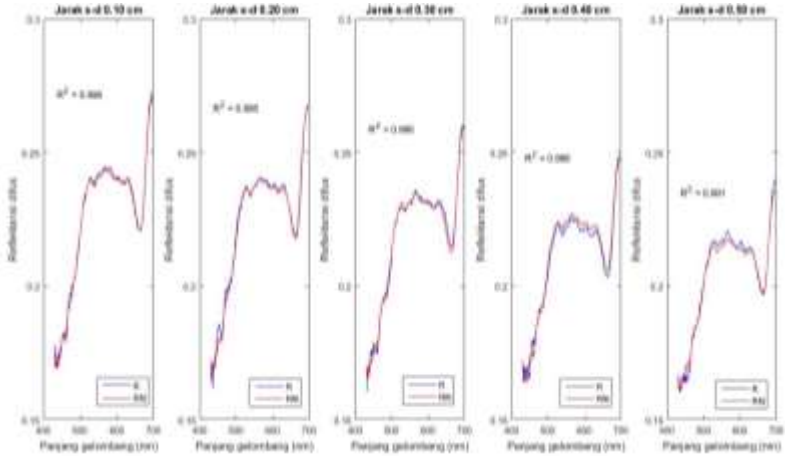
Data reflektansi phantom hasil eksperimen difitting dengan persamaan difus yang telah dijelaskan sebelumnya, sehingga didapatkan spektrum reflektansi fitting yang mendekati dengan spektrum data eksperimen. Persamaan difus yang digunakan mengandung parameter koefisien absorpsi, koefisien reduksi scattering, dan nilai efisiensi fiber. Sehingga setelah fitting berhasil, maka dapat diketahui parameter tersebut. Berikut merupakan hasil fitting dari sawi, bayam dan kangkung.



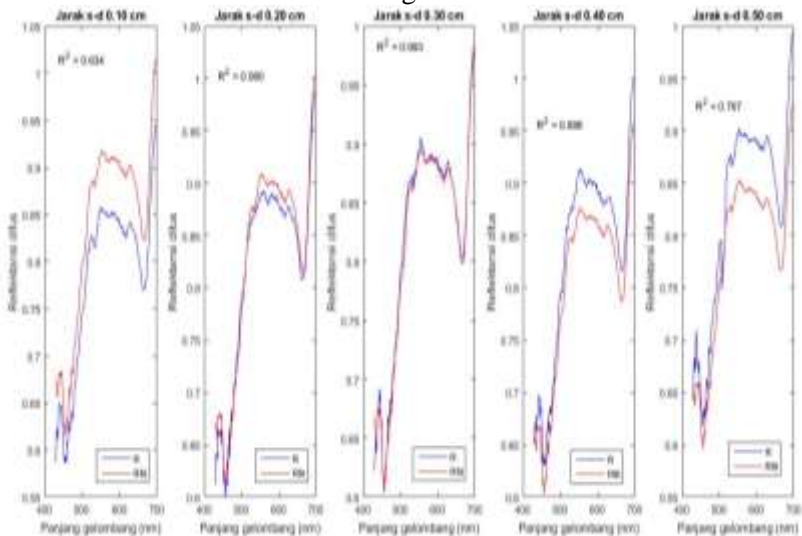
Gambar 4. 13 Grafik Fitting Reflektansi Difus Bayam

Fitting yang dihasilkan memiliki nilai koefisien determinasi mendekati 1 hal ini menunjukkan bahwa spektrum yang dihasilkan dari fitting mendekati dengan spektrum data reflektansinya. Kedua sayur lainnya juga memiliki hasil fitting

yang mendekati spektrum reflektansi hasil eksperimen yang ditunjukkan pada gambar 4.14 dan 4.15.



Gambar 4. 14 Grafik Fitting Reflektansi Difus Sawi



Gambar 4. 15 Grafik Fitting Reflektansi Difus Kangkung

Hasil fitting kangkung tidak terlalu bagus, hal ini dapat dikarenakan phantom kangkung yang dibuat sedikit berbeda

dengan phantom bayam dan sawi. Phantom bayam dan sawi memiliki perbedaan kehijauan yang cukup jelas disetiap perbedaan konsentrasinya. Pada konsentrasi lebih tinggi, phantom bayam dan sawi memiliki warna yng lebih hijau dibandingkan konsentrasi yang lebih rendah. Sedangkan pada phantom kangkung, warna phantom hampir sama padahal memiliki konsentrasi yang berbeda. Hal ini dapat dikarenakan terdapat kesalahan saat melakukan ekstraksi klorofil.

Fitting dilakukan pada setiap variasi sayuran dan kadar dengan tabel nilai determinasi sebagai berikut

Tabel 4. 3 Tabel Koefisien Determinasi Hasil Fitting

No	Sayuran	Kadar (g/m ³)	R ²
1.	Sawi	24.05	0.9934
		44	0.9782
		75.05	0.9756
2.	Bayam	40.11	0.7207
		60.36	0.9810
		76.69	0.9904
3.	Kangkung	21.38	0.8948
		26.567	0.8768
		32.0727	0.8536
		38.636	0.9758

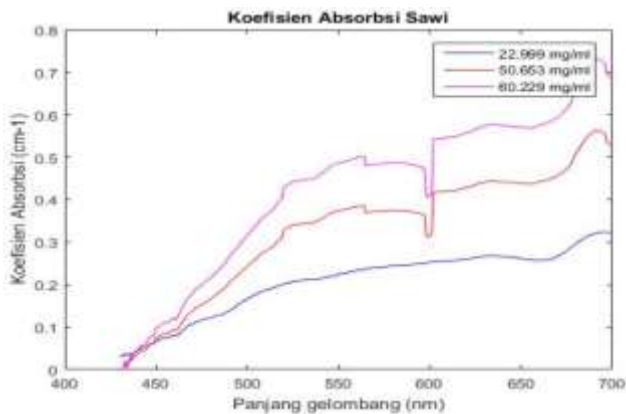
Tabel 4. 4 Parameter Hasil Fitting

Jenis Sayuran		A	B	G
Sawi	22.99 ug/ml	0.1439	1.000652	17.55
	40.653 ug/ml	0.111	1.00006	20
	60.229 ug/ml	0.067	1.000001	99.9
Bayam	37.889 ug/ml	0.09	1.000013	99.8
	52.30 ug/ml	0.07	1.00002	99.91
	59.71 ug/ml	0.116	1.000564	32
Kangkung	18.858 ug/ml	0.1061	1	99.99
	22.14 ug/ml	0.1134	1	100

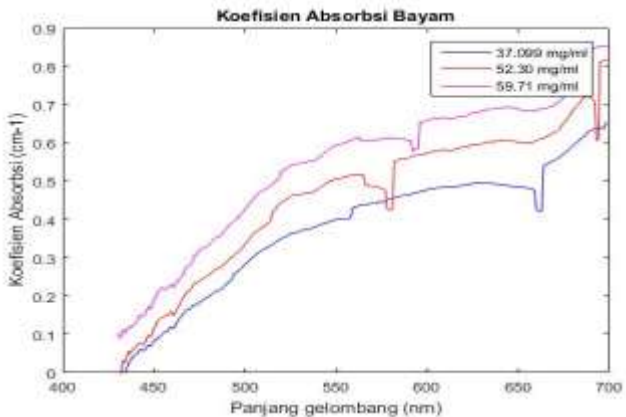
24.676 ug/ml	0.125173	1.000018	67.32
26.355 ug/ml	0.1022	1	99.99

Parameter A dan B merupakan nilai koefisien hamburan reduksi atau μ'_s . Dimana $\mu'_s = A\lambda^{-B}$, λ merupakan panjang gelombang. Nilai G yang dihasilkan memiliki rentang yang cukup jauh satu sama lain.

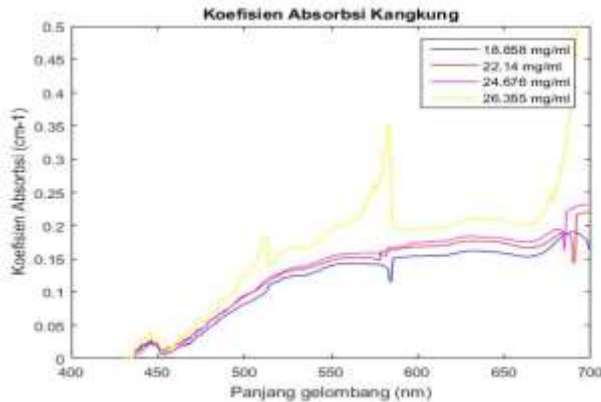
Parameter koefisien absorpsi yang dihasilkan diplot dalam bentuk grafik pada setiap variasi kadarnya.



Gambar 4. 16 Koefisien Absorpsi Sawi Hasil Fitting

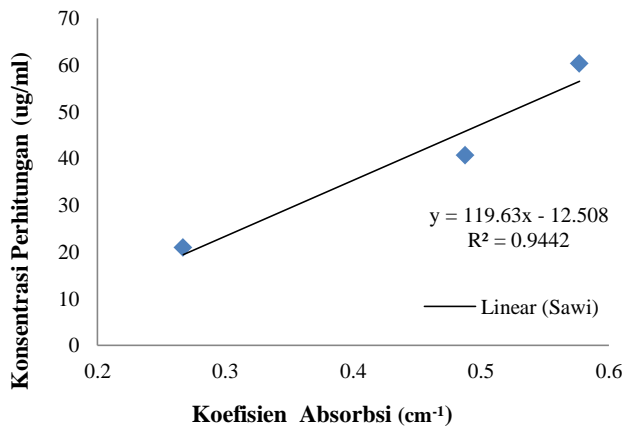


Gambar 4. 17 Koefisien Absorpsi Bayam Hasil Fitting

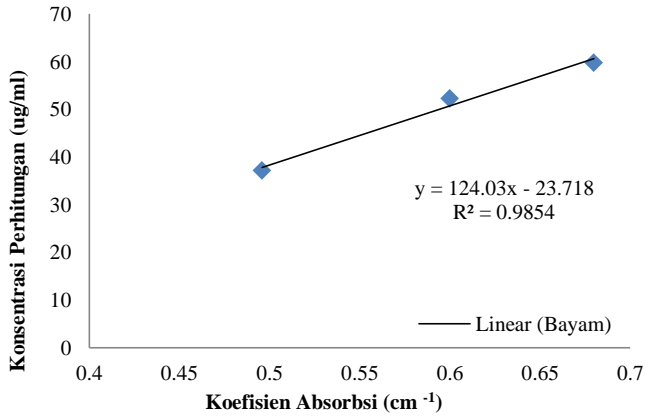


Gambar 4. 18 Koefisien Absorpsi Kangkung Hasil Fitting

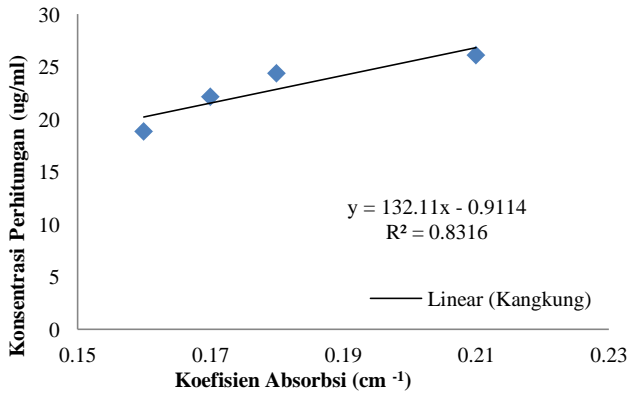
Dari grafik diatas, menunjukkan bahwa terdapat kenaikan koefisien absorpsi pada setiap kenaikan variasi kadar klorofil. Pada variasi kadar kangkung, nilai kenaikan kosentrasi kecil sehingga pada koefisien absorpsi juga selisih sedikit. Maka dapat disimpulkan bahwa nilai koefisien absorpsi dapat mengindikasikan adanya kenaikan kadar. Berikut merupakan korelasi antara koefisien absorpsi dan kadar.



Gambar 4. 19 Grafik Korelasi Kadar dan Koefisien Absorpsi Sawi



Gambar 4. 20 Grafik Korelasi Kadar dan Koefisien Absorpsi Bayam



Gambar 4. 21 Grafik Korelasi Kadar dan Koefisien Absorpsi Kangkung

Dari nilai koefisien absorpsi inilah dapat diketahui nilai kadar klorofil dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$\mu_a = 2.3 \varepsilon C$$

Dimana μ_a adalah koefisien absorpsi hasil fitting, ε adalah koefisien intrinsic absorpsi klorofil yang telah dihitung

menggunakan persamaan dari hukum Beer-Lambert, dan C adalah kadar klorofil. Maka dapat diketahui kadar klorofil sebagai berikut.

Tabel 4. 5 Tabel Perbandingan Kadar Perhitungan dan Kadar Hasil Fitting

Sayuran	Kadar Perhitungan ($\mu\text{g/ml}$)	Kadar Hasil Fitting ($\mu\text{g/ml}$)	Error (%)
Sawi	20.93	18.868	9.8518872
	40.65	36.633	9.8819188
	60.229	58.25	3.2857926
Bayam	37.0998	33.7631	8.993849
	52.302	50.991	2.5065963
	59.71	54.332	9.0068665
Kangkung	18.858	13.1165	30.445965
	22.141	15.234	31.19552
	24.356	17.894	26.53145
	26.1182	21.9365	16.010675

Tabel 4.5 merupakan tabel nilai kadar klorofil hasil perhitungan pengukuran spektroskopi absorpsi dan nilai konsentrasi hasil fitting dari pengukuran reflektansi difus. Satuan kadar yang didapatkan adalah $\mu\text{g/ml}$. Nilai error pada variasi sawi dan bayam berada dibawah 10%, namun pada variasi kangkung eror cukup besar yakni mencapai 31%. Penyebab dari besarnya eror variasi kangkung adalah hasil fitting dari kangkung kurang baik, karena phantom yang dihasilkan berbeda dengan phantom bayam dan sawi. Phantom kangkung memiliki warna kehijauan yang hampir sama disetiap perubahan konsentrasinya. Nilai koefisien determinasi berada pada kisaran 0.8, hal ini mempengaruhi nilai koefisien absorpsi klorofil yang dihasilkan dari fitting dimana koefisien absorpsi klorofil menjadi komponen dalam perhitungan kadar. Selain itu, pada grafik korelasi kadar

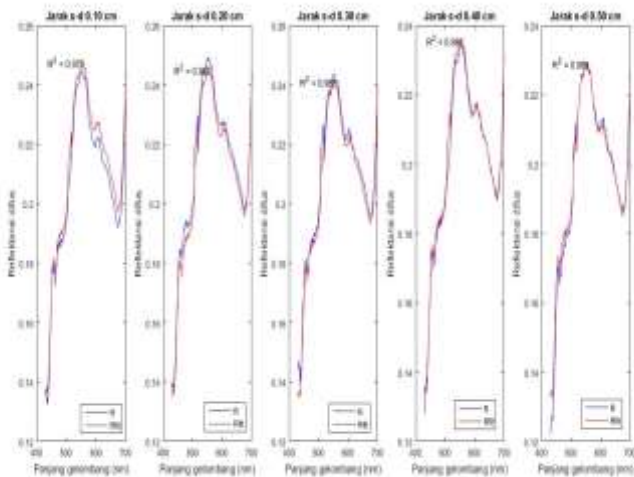
dan koefisien absorpsi variasi kangkung juga tidak menghasilkan korelasi yang begitu baik, dapat dilihat dengan meninjau nilai determinasi yaitu sebesar 0.83.

Teknik pengukuran kadar klorofil menggunakan reflektansi difus ini dapat digunakan namun masih harus dilakukan upaya untuk meminimalkan eror. Nilai kadar klorofil yang digunakan sebagai acuan adalah perhitungan rumus dari teknik absorpsi pada penelitian sebelumnya, maka sebaiknya nilai kadar klorofil baiknya diketahui secara pasti, sehingga dapat diketahui eror yang sebenarnya.

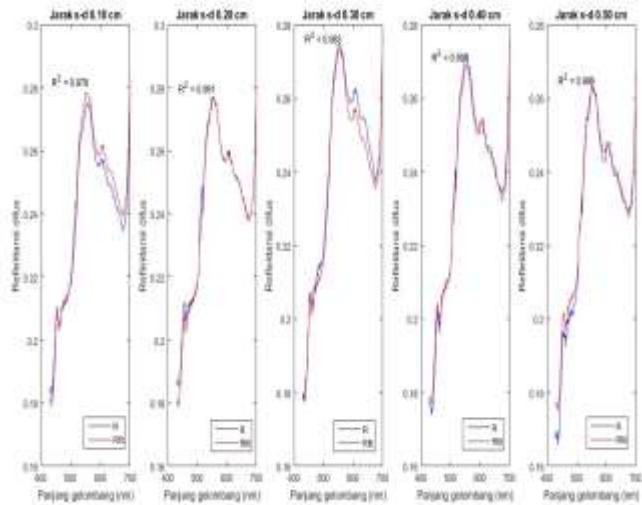
4.5 Hasil Fitting Daun

Pengujian juga dilakukan pada daun sawi, bayam dan kangkung. Namun pada pengujian langsung pada daun ini, tidak diketahui kadar klorofil yang dimiliki oleh daun tersebut. Seharusnya daun yang diuji sudah diketahui nilai kadar klorofilnya sehingga dapat dilakukan perbandingan seperti saat dilakukan pengujian pada phantom.

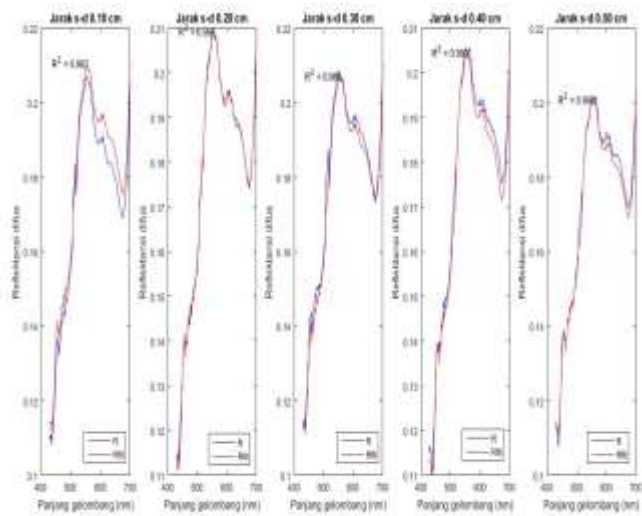
Berikut merupakan hasil fitting data reflektansi difus dari daun sawi, bayam dan kangkung.



Gambar 4. 22 Hasil Fitting Daun Sawi



Gambar 4. 24 Hasil Fitting Daun Kangkung



Gambar 4. 23 Hasil Fitting Daun Bayam

Dari grafik diatas, menyatakan bahwa data reflektansi difus dari daun dapat di fitting dengan persamaan yang digunakan pada fitting phantom. Pada masing-masing jenis sayuran memiliki koefisien determinasi untuk sawi, bayam dan kangkung berturut-turut adalah 0,983;0,99;0,986. Dengan nilai koefisien absorpsi dan kadar klorofil sebagai berikut.

Tabel 4. 6 Koefisien Absorpsi dan Kadar Klorofil Daun Sayuran

Jenis Sayuran	Koefisien Absorpsi (cm-1)	Kadar Klorofil (µg/ml)
Sawi	0.1998	16.039
Bayam	0.1536	12.654
Kangkung	0.1696	17.786

Telah didapatkan nilai koefisien absorpsi dan kadar klorofil dari daun sawi, kangkung dan bayam. Kadar klorofil pada daun didapatkan dengan cara yang sama pada saat penentuan kadar klorofil dari fitting pada phantom daun. Untuk meningkatkan akurasi hasil penentuan kadar klorofil diperlukan upaya validasi lebih lanjut, yaitu membandingkan dengan hasil pengukuran *Chlorophyll* meter yang terkalibrasi, dengan nilai akurasi yang jauh lebih baik. SPAD 502 merupakan alat yang ideal untuk keperluan ini.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapat dari tugas akhir adalah sebagai berikut :

- a. Nilai parameter optik dari phantom daun telah didapatkan dengan metode karakterisasi spektrum absorpsi dan melakukan fitting terhadap persamaan model dari reflektansi difus dengan nilai hasil pengukurannya. Nilai parameter optik dari model phantom daun adalah koefisien absorpsi klorofil, aquades, intralipid dan nilai koefisien reduksi hamburan.
- b. Penentuan kadar klorofil pada phantom daun tanaman sayuran menggunakan metode *diffuse reflectance spectroscopy* dengan nilai eror untuk sawi, bayam dan kangkung berturut-turut adalah 3%-10% , 2.5%-10%, dan 16%-31%.

5.2 Saran

Adapun saran yang didapat dari tugas akhir guna untuk meningkatkan kualitas penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

- a. Perlu dilakukan upaya validasi yaitu membandingkan hasil penentuan kadar klorofil pada daun tanaman sayuran menggunakan metode *diffuse reflectance spectroscopy* dengan *Chlorophyll* meter yang terkalibrasi.
- b. Sebaiknya variasi kadar klorofil pada tiap jenis sayuran diperbanyak, sehingga didapatkan hasil yang lebih optimal.

Halaman ini memang dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Ai, N. S., & Banyo, Y. (2011). Konsentrasi Klorofil Daun Sebagai Indikator Kekurangan Air Pada Tanaman. *Jurnal Ilmiah Sains*, 11(2), 166-173.
- Arlinghaus, S. L. (1994). *PHB Practical Handbook of Curve Fitting*. CRC Press.
- Bahri, S. (2010). Klorofil. In *Diktat Kuliah Kapita Selekta Kimia Organik*. Lampung: Universitas Lampung.
- BPS. (2016). *Konsumsi Buah dan Sayur Susenas Maret 2016*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Carter, G. A., & Knapp, A. K. (2001). Leaf Optical Properties in Higher Plants : Linking Spectral Characteristic to Stress and Chlorophyll Concentration. *Journal Of Botany*, 88(4), 677-684.
- Champbell, J. B. R., & L, G. M. (2003). In *Biologi Jilid 1 (Terjemahan)*. Jakarta: Erlangga.
- Couto, C. E. (2016). Chlorophyll and Green Color Stabilization on Vegetable Homogenates .
- Gaherwar, S., & Kulkarni, P. (2017). Estimation of Chlorophyll Content of Some Green Leafy Vegetables for Their Biochemical Properties. *Indian J.Sci.Res*, 2, 170-171.
- Gauglitz, G., & Vo-Dinh, T. (2003). Measurement Techniques. In *Handbook of Spectroscopy* (pp. 78-80). Germany: WILEY-VCH GmbH & Co. KGaA.
- Gitelson, A. A., Gritz, Y., & Merzlyak, M. N. (2003). Relationship Between Leaf Chlorophyll Content and Spectral Reflectance and Algorithms for Non-destructive Chlorophyll Assessment in Higher Plant Leaves. *Journal of Plant Physiology*, 160, 271-282.
- Li, R., P, G., M, B., S, G., & S, C. (2006). Evaluation of Chlorophyll Content and Fluorescence Parameters as Indicators of Drought Tolerance in Barley. *Agricultural Sciences in China*, 5(10), 751-757.
- Li, Y., Liu, C., Zhang, J., Yang, H., Xu, L., Wang, Q., . . . He, N. (2018). Variation in Leaf Chlorophyll Concentration

- From Tropical to Cold-temperate Forest : Association With Gross Primary Productivity. *Ecological Indicators*, 85, 383-389.
- Lichtenthaler, H. K., & Buschmann, C. (2001). Chlorophyll and Carotenoids : Measurement and Characterization by Uv-Vis Spectroscopy. In *Current Protocols in Food Analytical Chemistry* (pp. F4.3.1 - F4.3.8). John Wiley and Sons, Inc.
- Ling, Q., Huang, W., & Jarvis, P. (2010). Use of a SPAD-502 Meter to Measure Leaf Chlorophyll Concentration in *Arabidopsis thaliana*. *Technial Communication*, 107, 209-214.
- Munoz-Ortuno, M., Serra-Mora, P., Herraiez-Hernandez, R., Verdu-andres, J., & Campins-Falco, P. (2017). A New Tool for Direct Non-Invasive Evaluation of Chlorophyll a Content from Diffuse Reflectance Measurements. *Science of the Total Environment*, 370-376.
- Nilapwar, S. M., Nardelli, M., Westerhoff, H. V., & Verma, M. (2011). Absorption Spectroscopy. *Methods in Enzymology*, 500, 59-70.
- NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods. (2013, 10 30). Retrieved from <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/pmd/section4/pmd431.htm>
- Optics, K. M. (2012). *A lightweight handheld meter for measuring the chlorophyll content of leaves without causing damage to plants*. (Chlorophyll Meter SPAD-502 Plus) Retrieved Januari 2018, from http://www.konicaminolta.com/instruments/download/catalog/color/pdf/spad502plus_e1.pdf
- Optics, O. (2017). *Introduction to Spectroscopy and Applications*. Ocean Optics.
- Palta, J. P. (1990). Leaf Chlorophyll Content. In J. P. Palta, *Remote Sensing Reviews* (pp. 207 - 213). Madison.
- Parry, C., Blonquist, J. M., & Bugbee, B. (2014). In Situ Measurement of Leaf Chlorophyll Concentration :

- Analysis of the Optical Absolute Relationship. *Plant, Cell and Environment*, 37, 2508-2520.
- Pavlovic, D., Nikolic, B., Durovic, S., Waisi, H., Anelkovic, A., & Marisavljevic, D. (2014). Chlorophyll as a measure of plant health : Agroecological aspects. *Pestic, Phytomed*, 29(1), 21-34.
- (2009). Quantitative Diffuse Reflectance Spectroscopy. Sweden: Tobias Lindbergh.
- Roca, M., Chen, K., & Perez-Galvez, A. (2016). Chlorophylls. In *Hand Book on Natural Pigments in Food and Beverages* (pp. 125-159). Elsevier.
- S. L. Jacques, S. P. (1998). Optical Properties. In *Introduction to Biomedical Optics* . Oregon Medical Laser Center ECE 532.
- Setiadi, I. C. (2018). Sistem Multispectral Imaging untu digunakan pada Kajian Dermatologi. *Tesis*, 57.
- Settaluri, V. S., Al-Mamari, K. M., Ibrahim, S., Zayid, M. K., & Ali, M. B. (2015). Review of Biochemical and Nutritional Constituent in Different Green Leafy Vegetables in Oman. *Food and Nutrition Sciences*, 6, 765-769.
- Shanti Prince, S. M. (2011). Modelling of Diseased Tissue Diffuse Reflectance and Extraction of Optical Properties. In L. G. S. I. Ao, *Electrical Engineering and Applied Computing* (pp. 649-671). Springer Science.
- Stephane Jacquemoud, S. L. (2008). Modeling Leaf Optical Properties.
- Yavari, H. (2016). *Diffuse Reflectance Spectroscopy Using Multivariate analysis method for determination of tissue optical properties*. Lund: Lund University.
- Znidarcic, D., Ban, D., & Sircelj, H. (2011). Carotenoid and Chlorophyll Composition of Commonly Consumed Leafy Vegetables in Mediterranean Countries. *Food Chemistry*, 129, 1164-1168.

Halaman ini memang dikosongkan

LAMPIRAN A

KARAKTERISASI KOMPONEN *PHANTOM*

Lampiran berikut berisi data koefisien absorpsi dari komponen penyusun phantom, yaitu koefisien absorpsi aquades, intralipid dan klorofil. Koefisien absorpsi (ϵ) didapatkan dari nilai absorbansi (A), konsentrasi (C) dan lebar kuvet (l) dengan menggunakan persamaan berikut :

$$A = \epsilon C l$$

A.1 Koefisien Absorpsi Aquades

Panjang Gelombang	Koefisien Absorpsi
430	0.00036
431	0.00035
432	0.00035
433	0.00034
434	0.00034
435	0.00033
436	0.00033
437	0.00033
438	0.00032
439	0.00032
440	0.00031
441	0.00031
442	0.00031
443	0.00030
444	0.00030
445	0.00030
446	0.00029
447	0.00029

448	0.00029
449	0.00028
450	0.00028
451	0.00028
452	0.00027
453	0.00027
454	0.00027
455	0.00027
456	0.00027
457	0.00026
458	0.00026
459	0.00026
460	0.00026
461	0.00026
462	0.00026
463	0.00026
464	0.00026
465	0.00025
466	0.00025
467	0.00025
468	0.00025

469	0.00025
470	0.00025
471	0.00025
472	0.00025
473	0.00025
474	0.00025
475	0.00025
476	0.00025
477	0.00025
478	0.00025
479	0.00025
480	0.00024
481	0.00024
482	0.00024
483	0.00024
484	0.00024
485	0.00024
486	0.00024
487	0.00024
488	0.00024
489	0.00024

490	0.00024
491	0.00024
492	0.00024
493	0.00025
494	0.00025
495	0.00025
496	0.00025
497	0.00025
498	0.00025
499	0.00025
500	0.00025
501	0.00025
502	0.00025
503	0.00025
504	0.00025
505	0.00026
506	0.00026
507	0.00026
508	0.00026
509	0.00026
510	0.00027
511	0.00027
512	0.00027
513	0.00027
514	0.00028
515	0.00028
516	0.00028
517	0.00029
518	0.00029
519	0.00029

520	0.00030
521	0.00030
522	0.00031
523	0.00031
524	0.00031
525	0.00032
526	0.00033
527	0.00033
528	0.00034
529	0.00034
530	0.00035
531	0.00035
532	0.00036
533	0.00037
534	0.00037
535	0.00038
536	0.00039
537	0.00039
538	0.00040
539	0.00040
540	0.00041
541	0.00041
542	0.00042
543	0.00043
544	0.00043
545	0.00043
546	0.00044
547	0.00044
548	0.00044
549	0.00045

550	0.00045
551	0.00045
552	0.00045
553	0.00045
554	0.00046
555	0.00046
556	0.00046
557	0.00046
558	0.00046
559	0.00047
560	0.00047
561	0.00048
562	0.00049
563	0.00050
564	0.00051
565	0.00052
566	0.00054
567	0.00055
568	0.00057
569	0.00059
570	0.00062
571	0.00065
572	0.00068
573	0.00071
574	0.00075
575	0.00079
576	0.00083
577	0.00088
578	0.00093
579	0.00099

580	0.00105
581	0.00111
582	0.00117
583	0.00123
584	0.00130
585	0.00136
586	0.00143
587	0.00150
588	0.00156
589	0.00163
590	0.00170
591	0.00177
592	0.00183
593	0.00190
594	0.00196
595	0.00202
596	0.00208
597	0.00214
598	0.00220
599	0.00225
600	0.00230
601	0.00235
602	0.00239
603	0.00243
604	0.00247
605	0.00250
606	0.00253
607	0.00256
608	0.00259

609	0.00261
610	0.00263
611	0.00265
612	0.00267
613	0.00269
614	0.00270
615	0.00272
616	0.00273
617	0.00274
618	0.00275
619	0.00276
620	0.00277
621	0.00277
622	0.00278
623	0.00279
624	0.00279
625	0.00280
626	0.00281
627	0.00281
628	0.00282
629	0.00283
630	0.00284
631	0.00284
632	0.00285
633	0.00286
634	0.00287
635	0.00288
636	0.00290
637	0.00291

638	0.00292
639	0.00294
640	0.00295
641	0.00297
642	0.00299
643	0.00301
644	0.00303
645	0.00306
646	0.00308
647	0.00311
648	0.00314
649	0.00317
650	0.00320
651	0.00323
652	0.00327
653	0.00331
654	0.00335
655	0.00339
656	0.00343
657	0.00348
658	0.00352
659	0.00356
660	0.00361
661	0.00365
662	0.00370
663	0.00374
664	0.00378
665	0.00382
666	0.00387

667	0.00390
668	0.00394
669	0.00398
670	0.00401
671	0.00405
672	0.00408
673	0.00410
674	0.00413
675	0.00415
676	0.00417
677	0.00419
678	0.00420

679	0.00421
680	0.00423
681	0.00425
682	0.00426
683	0.00429
684	0.00431
685	0.00434
686	0.00438
687	0.00442
688	0.00447
689	0.00453
690	0.00460

691	0.00468
692	0.00477
693	0.00487
694	0.00498
695	0.00511
696	0.00526
697	0.00542
698	0.00559
699	0.00579
700	0.00600

A.2 Lampiran Koefisien Absorpsi Intralipid

Panjang Gelombang	Koef. Absorpsi Intralipid
400	2749.29
401	2434.76
402	3007.69
403	2684.04
404	2385.85
405	2094.88
406	2047.69
407	1972.97
408	2021.26
409	1945.91
410	1873.75
411	1804.83
412	1828.76
413	1769.16

414	1788.02
415	1915.41
416	1875.88
417	1885.13
418	1917.46
419	1928.68
420	1944.10
421	1890.24
422	1973.81
423	1983.30
424	1954.34
425	1967.07
426	1915.83
427	1981.09
428	1983.61
429	1910.09

430	1867.99
431	1840.92
432	1867.59
433	1810.49
434	1801.28
435	1781.22
436	1780.68
437	1777.60
438	1757.72
439	1717.05
440	1755.37
441	1727.85
442	1713.71
443	1704.11
444	1701.02
445	1691.74

446	1711.69
447	1699.63
448	1688.44
449	1687.29
450	1679.47
451	1695.19
452	1690.60
453	1669.82
454	1666.54
455	1650.85
456	1657.02
457	1644.65
458	1628.71
459	1608.34
460	1598.60
461	1599.55
462	1578.53
463	1574.74
464	1567.18
465	1549.96
466	1533.73
467	1520.04
468	1526.76
469	1526.51
470	1517.92
471	1512.08
472	1511.15
473	1510.51
474	1494.76

475	1490.60
476	1475.82
477	1475.97
478	1458.96
479	1448.37
480	1440.34
481	1439.70
482	1426.79
483	1414.71
484	1393.90
485	1388.70
486	1377.47
487	1369.01
488	1363.70
489	1365.17
490	1345.82
491	1334.14
492	1325.04
493	1326.68
494	1311.74
495	1313.51
496	1301.61
497	1296.62
498	1297.25
499	1287.70
500	1277.25
501	1272.27
502	1274.06
503	1270.48

504	1265.87
505	1259.94
506	1248.29
507	1243.29
508	1230.06
509	1223.00
510	1215.80
511	1205.79
512	1200.71
513	1188.88
514	1182.95
515	1169.64
516	1170.57
517	1165.04
518	1160.01
519	1158.41
520	1153.45
521	1145.94
522	1140.45
523	1136.78
524	1133.85
525	1124.27
526	1118.76
527	1110.88
528	1105.01
529	1105.32
530	1104.08
531	1096.70
532	1095.59

533	1092.59
534	1086.13
535	1083.15
536	1082.03
537	1082.19
538	1080.79
539	1075.26
540	1066.11
541	1056.55
542	1051.99
543	1047.02
544	1043.66
545	1040.80
546	1036.33
547	1034.91
548	1029.01
549	1022.59
550	1019.72
551	1016.27
552	1015.75
553	1014.29
554	1008.47
555	1001.94
556	995.50
557	993.75
558	981.99
559	974.60
560	968.28
561	962.73
562	958.12

563	952.64
564	948.10
565	945.86
566	943.38
567	941.35
568	933.27
569	935.23
570	932.35
571	929.22
572	924.03
573	919.79
574	915.56
575	909.73
576	903.47
577	899.25
578	894.37
579	890.80
580	886.12
581	884.27
582	880.49
583	880.12
584	876.76
585	870.10
586	864.87
587	861.62
588	856.60
589	854.23
590	850.60
591	846.45
592	843.93

593	838.19
594	835.58
595	831.61
596	830.12
597	830.66
598	828.34
599	829.55
600	826.05
601	823.37
602	819.67
603	816.20
604	814.86
605	809.38
606	808.49
607	809.32
608	805.81
609	800.61
610	795.12
611	792.09
612	788.31
613	786.72
614	781.04
615	777.70
616	773.93
617	767.86
618	762.65
619	759.56
620	758.70
621	755.75
622	750.18

623	747.44
624	742.77
625	741.84
626	740.75
627	739.40
628	738.28
629	734.89
630	730.01
631	727.94
632	725.57
633	724.86
634	720.84
635	717.49
636	711.44
637	706.36
638	703.26
639	699.28
640	696.94
641	695.57
642	693.47
643	689.36
644	686.34
645	684.90
646	683.20
647	684.19
648	683.71

649	679.79
650	679.70
651	676.23
652	671.30
653	665.16
654	664.14
655	661.03
656	657.48
657	656.30
658	652.37
659	648.41
660	647.81
661	642.32
662	641.81
663	639.95
664	641.11
665	636.32
666	635.95
667	634.85
668	631.32
669	629.96
670	627.83
671	622.23
672	622.40
673	616.73
674	615.21

675	610.43
676	609.79
677	606.36
678	605.66
679	603.06
680	599.76
681	599.42
682	598.75
683	595.39
684	595.45
685	594.17
686	593.92
687	591.32
688	588.17
689	585.58
690	583.19
691	580.46
692	577.93
693	578.28
694	574.64
695	574.01
696	571.89
697	566.42
698	564.29
699	563.30
700	560.80

A.3 Koefisien Absorpsi Klorofil

Panjang Gelombang	Koef. Absorbsi
400	0.0048
401	0.0049
402	0.0051
403	0.0051
404	0.0052
405	0.0051
406	0.0053
407	0.0053
408	0.0055
409	0.0056
410	0.0054
411	0.0054
412	0.0054
413	0.0055
414	0.0055
415	0.0055
416	0.0056
417	0.0056
418	0.0056
419	0.0059
420	0.0060
421	0.0063
422	0.0063
423	0.0064
424	0.0065
425	0.0066
426	0.0067

427	0.0070
428	0.0071
429	0.0073
430	0.0072
431	0.0070
432	0.0070
433	0.0071
434	0.0073
435	0.0072
436	0.0074
437	0.0075
438	0.0074
439	0.0074
440	0.0074
441	0.0074
442	0.0075
443	0.0075
444	0.0074
445	0.0073
446	0.0073
447	0.0070
448	0.0068
449	0.0067
450	0.0065
451	0.0064
452	0.0063
453	0.0062
454	0.0061
455	0.0060
456	0.0060

457	0.0059
458	0.0059
459	0.0059
460	0.0059
461	0.0060
462	0.0060
463	0.0060
464	0.0060
465	0.0061
466	0.0061
467	0.0061
468	0.0060
469	0.0060
470	0.0059
471	0.0058
472	0.0057
473	0.0055
474	0.0053
475	0.0051
476	0.0049
477	0.0047
478	0.0045
479	0.0043
480	0.0040
481	0.0038
482	0.0035
483	0.0033
484	0.0031
485	0.0029
486	0.0027

487	0.0025
488	0.0023
489	0.0021
490	0.0020
491	0.0018
492	0.0017
493	0.0015
494	0.0014
495	0.0013
496	0.0012
497	0.0011
498	0.0010
499	0.0010
500	0.0009
501	0.0008
502	0.0008
503	0.0007
504	0.0007
505	0.0007
506	0.0006
507	0.0006
508	0.0006
509	0.0006
510	0.0005
511	0.0005
512	0.0005
513	0.0005
514	0.0005
515	0.0005

516	0.0005
517	0.0004
518	0.0004
519	0.0004
520	0.0004
521	0.0004
522	0.0004
523	0.0004
524	0.0004
525	0.0004
526	0.0004
527	0.0004
528	0.0004
529	0.0004
530	0.0004
531	0.0004
532	0.0004
533	0.0004
534	0.0005
535	0.0005
536	0.0005
537	0.0005
538	0.0005
539	0.0005
540	0.0005
541	0.0005
542	0.0005
543	0.0005
544	0.0005

545	0.0005
546	0.0005
547	0.0005
548	0.0005
549	0.0005
550	0.0005
551	0.0005
552	0.0005
553	0.0006
554	0.0006
555	0.0006
556	0.0006
557	0.0006
558	0.0006
559	0.0006
560	0.0006
561	0.0006
562	0.0006
563	0.0006
564	0.0007
565	0.0007
566	0.0007
567	0.0007
568	0.0007
569	0.0007
570	0.0007
571	0.0008
572	0.0008
573	0.0008

574	0.0008
575	0.0008
576	0.0008
577	0.0008
578	0.0009
579	0.0009
580	0.0009
581	0.0009
582	0.0009
583	0.0009
584	0.0010
585	0.0010
586	0.0010
587	0.0010
588	0.0010
589	0.0011
590	0.0011
591	0.0011
592	0.0011
593	0.0012
594	0.0012
595	0.0012
596	0.0013
597	0.0013
598	0.0013
599	0.0014
600	0.0014
601	0.0014
602	0.0015
603	0.0015

604	0.0015
605	0.0016
606	0.0016
607	0.0016
608	0.0016
609	0.0017
610	0.0017
611	0.0017
612	0.0017
613	0.0017
614	0.0017
615	0.0017
616	0.0017
617	0.0017
618	0.0017
619	0.0017
620	0.0017
621	0.0017
622	0.0017
623	0.0017
624	0.0017
625	0.0017
626	0.0017
627	0.0017
628	0.0017
629	0.0017
630	0.0018
631	0.0018
632	0.0018
633	0.0018

634	0.0019
635	0.0019
636	0.0019
637	0.0020
638	0.0021
639	0.0021
640	0.0022
641	0.0023
642	0.0024
643	0.0025
644	0.0026
645	0.0027
646	0.0028
647	0.0030
648	0.0031
649	0.0033
650	0.0035
651	0.0037
652	0.0039
653	0.0041
654	0.0044
655	0.0046
656	0.0048
657	0.0051
658	0.0053
659	0.0056
660	0.0058
661	0.0060
662	0.0061
663	0.0062

664	0.0062
665	0.0061
666	0.0060
667	0.0058
668	0.0055
669	0.0052
670	0.0049
671	0.0046
672	0.0042
673	0.0039
674	0.0035
675	0.0032
676	0.0029
677	0.0026
678	0.0023
679	0.0021
680	0.0018
681	0.0016
682	0.0014
683	0.0012
684	0.0011
685	0.0010
686	0.0008
687	0.0007
688	0.0006
689	0.0006
690	0.0005
691	0.0004
692	0.0004

693	0.0003
694	0.0003
695	0.0003
696	0.0002
697	0.0002
698	0.0002
699	0.0002
700	0.0002
701	0.0001
702	0.0001
703	0.0001
704	0.0001
705	0.0001
706	0.0001
707	0.0001
708	0.0001
709	0.0001
710	0.0001
711	0.0001
712	0.0001
713	0.0000
714	0.0000
715	0.0000
716	0.0000
717	0.0000
718	0.0000
719	0.0000
720	0.0000
721	0.0000

722	0.0000
723	0.0000
724	0.0000
725	0.0000
726	0.0000
727	0.0000
728	0.0000
729	0.0000
730	0.0000
731	0.0000
732	0.0000
733	0.0000
734	0.0000
735	0.0000
736	0.0000
737	0.0000
738	0.0000
739	0.0000
740	0.0000
741	0.0000
742	0.0000
743	0.0000
744	0.0000
745	0.0000
746	0.0000
747	0.0000
748	0.0000
749	0.0000
750	0.0000

LAMPIRAN B

HASIL UJI REFLEKTANSI *PHANTOM*

Lampiran berikut berisi data hasil uji reflektansi pada phantom menggunakan set-up DRS disetiap variasi jarak.

B.1 Data Reflektansi Phantom Sawi

Panjang Gelombang	41 mm	42 mm	43 mm	44 mm	45 mm
400	0.176	0.168	0.197	0.139	0.175
401	0.189	0.183	0.184	0.145	0.187
402	0.187	0.200	0.192	0.152	0.196
403	0.190	0.195	0.194	0.168	0.205
404	0.197	0.195	0.194	0.172	0.211
405	0.190	0.207	0.207	0.186	0.216
406	0.199	0.216	0.210	0.187	0.223
407	0.214	0.226	0.216	0.198	0.228
408	0.211	0.218	0.213	0.199	0.226
409	0.204	0.220	0.207	0.205	0.219
410	0.200	0.217	0.199	0.202	0.217
411	0.197	0.209	0.195	0.192	0.208
412	0.202	0.204	0.202	0.196	0.199
413	0.198	0.203	0.201	0.201	0.201
414	0.188	0.206	0.193	0.194	0.196
415	0.190	0.204	0.192	0.196	0.198
416	0.195	0.195	0.175	0.192	0.190
417	0.196	0.191	0.178	0.193	0.186
418	0.182	0.187	0.175	0.189	0.188
419	0.187	0.188	0.174	0.193	0.188

420	0.191	0.187	0.173	0.187	0.190
421	0.189	0.187	0.175	0.187	0.189
422	0.188	0.183	0.177	0.185	0.187
423	0.191	0.187	0.180	0.186	0.197
424	0.190	0.186	0.181	0.185	0.194
425	0.195	0.186	0.185	0.184	0.192
426	0.198	0.194	0.189	0.191	0.194
427	0.190	0.194	0.188	0.189	0.192
428	0.191	0.194	0.189	0.190	0.190
429	0.201	0.197	0.191	0.197	0.195
430	0.200	0.198	0.194	0.194	0.197
431	0.195	0.193	0.194	0.194	0.194
432	0.196	0.196	0.195	0.193	0.195
433	0.195	0.200	0.198	0.196	0.201
434	0.190	0.197	0.196	0.194	0.196
435	0.191	0.198	0.195	0.196	0.198
436	0.192	0.199	0.197	0.201	0.202
437	0.187	0.194	0.198	0.199	0.202
438	0.189	0.197	0.201	0.202	0.202
439	0.189	0.197	0.198	0.201	0.203
440	0.189	0.198	0.199	0.201	0.202
441	0.189	0.198	0.199	0.204	0.200
442	0.191	0.198	0.199	0.204	0.201
443	0.191	0.195	0.198	0.204	0.198
444	0.193	0.195	0.194	0.205	0.198
445	0.195	0.195	0.194	0.206	0.199
446	0.197	0.197	0.195	0.207	0.200
447	0.198	0.196	0.195	0.205	0.201
448	0.198	0.196	0.194	0.204	0.200
449	0.200	0.197	0.195	0.204	0.202

450	0.202	0.198	0.199	0.206	0.206
451	0.199	0.196	0.198	0.206	0.206
452	0.199	0.197	0.200	0.206	0.207
453	0.199	0.198	0.200	0.206	0.207
454	0.198	0.197	0.200	0.205	0.208
455	0.196	0.196	0.200	0.204	0.209
456	0.195	0.195	0.200	0.203	0.209
457	0.194	0.193	0.200	0.202	0.210
458	0.195	0.194	0.200	0.203	0.210
459	0.197	0.195	0.201	0.203	0.211
460	0.197	0.193	0.200	0.201	0.211
461	0.194	0.192	0.197	0.199	0.208
462	0.197	0.195	0.200	0.200	0.211
463	0.196	0.198	0.200	0.201	0.211
464	0.198	0.199	0.203	0.202	0.213
465	0.199	0.200	0.204	0.204	0.215
466	0.201	0.201	0.207	0.206	0.215
467	0.204	0.201	0.208	0.208	0.216
468	0.203	0.203	0.209	0.208	0.216
469	0.203	0.204	0.210	0.208	0.214
470	0.203	0.205	0.210	0.208	0.214
471	0.203	0.207	0.212	0.210	0.214
472	0.204	0.208	0.213	0.210	0.214
473	0.204	0.207	0.212	0.210	0.214
474	0.206	0.207	0.212	0.210	0.215
475	0.205	0.208	0.212	0.210	0.215
476	0.208	0.209	0.212	0.210	0.216
477	0.207	0.211	0.212	0.211	0.215
478	0.208	0.212	0.213	0.211	0.214

479	0.209	0.213	0.213	0.212	0.215
480	0.209	0.213	0.213	0.211	0.215
481	0.210	0.213	0.214	0.213	0.216
482	0.211	0.214	0.215	0.214	0.217
483	0.212	0.214	0.215	0.215	0.218
484	0.213	0.216	0.216	0.216	0.220
485	0.213	0.217	0.216	0.217	0.219
486	0.214	0.217	0.217	0.218	0.219
487	0.215	0.217	0.219	0.219	0.220
488	0.215	0.218	0.219	0.220	0.222
489	0.216	0.220	0.219	0.221	0.224
490	0.217	0.221	0.220	0.222	0.225
491	0.219	0.222	0.222	0.225	0.226
492	0.220	0.223	0.222	0.225	0.227
493	0.221	0.224	0.222	0.227	0.228
494	0.222	0.225	0.224	0.228	0.229
495	0.223	0.225	0.225	0.229	0.229
496	0.224	0.225	0.227	0.230	0.230
497	0.226	0.227	0.228	0.232	0.232
498	0.226	0.228	0.229	0.233	0.232
499	0.228	0.229	0.231	0.234	0.233
500	0.230	0.230	0.233	0.235	0.233
501	0.231	0.232	0.234	0.237	0.234
502	0.232	0.233	0.236	0.238	0.235
503	0.234	0.234	0.237	0.239	0.236
504	0.235	0.235	0.238	0.241	0.238
505	0.236	0.236	0.238	0.242	0.240
506	0.238	0.238	0.240	0.243	0.241
507	0.240	0.240	0.241	0.244	0.243
508	0.241	0.241	0.242	0.244	0.244

509	0.242	0.242	0.242	0.245	0.245
510	0.242	0.243	0.243	0.246	0.246
511	0.243	0.243	0.244	0.246	0.246
512	0.244	0.244	0.245	0.246	0.247
513	0.245	0.246	0.246	0.247	0.248
514	0.246	0.247	0.246	0.249	0.249
515	0.247	0.248	0.247	0.249	0.250
516	0.249	0.250	0.249	0.251	0.251
517	0.249	0.251	0.250	0.252	0.252
518	0.249	0.252	0.251	0.253	0.252
519	0.250	0.253	0.252	0.254	0.252
520	0.251	0.254	0.252	0.255	0.253
521	0.252	0.255	0.253	0.256	0.254
522	0.253	0.255	0.253	0.257	0.254
523	0.253	0.255	0.253	0.257	0.255
524	0.253	0.255	0.254	0.257	0.255
525	0.253	0.256	0.254	0.257	0.256
526	0.253	0.256	0.254	0.257	0.256
527	0.252	0.255	0.253	0.256	0.255
528	0.252	0.254	0.253	0.255	0.254
529	0.251	0.255	0.253	0.254	0.254
530	0.251	0.255	0.252	0.254	0.254
531	0.251	0.254	0.252	0.254	0.254
532	0.250	0.252	0.251	0.253	0.253
533	0.249	0.251	0.251	0.253	0.253
534	0.249	0.251	0.251	0.253	0.254
535	0.249	0.251	0.250	0.253	0.253
536	0.250	0.250	0.249	0.253	0.252
537	0.250	0.250	0.249	0.252	0.252

538	0.251	0.250	0.249	0.253	0.252
539	0.251	0.250	0.249	0.253	0.252
540	0.252	0.250	0.250	0.254	0.253
541	0.253	0.251	0.251	0.255	0.254
542	0.253	0.251	0.252	0.255	0.254
543	0.254	0.252	0.252	0.256	0.254
544	0.255	0.254	0.254	0.257	0.255
545	0.256	0.255	0.255	0.257	0.255
546	0.256	0.256	0.256	0.257	0.255
547	0.256	0.256	0.257	0.258	0.256
548	0.256	0.256	0.257	0.258	0.256
549	0.256	0.256	0.257	0.258	0.256
550	0.257	0.256	0.257	0.258	0.256
551	0.257	0.256	0.257	0.259	0.256
552	0.257	0.255	0.256	0.258	0.256
553	0.257	0.256	0.256	0.258	0.256
554	0.257	0.256	0.256	0.258	0.256
555	0.257	0.256	0.255	0.258	0.256
556	0.258	0.256	0.256	0.258	0.256
557	0.258	0.256	0.256	0.259	0.256
558	0.258	0.256	0.256	0.259	0.256
559	0.258	0.255	0.256	0.259	0.257
560	0.258	0.256	0.257	0.260	0.257
561	0.258	0.256	0.257	0.260	0.257
562	0.259	0.256	0.258	0.259	0.258
563	0.258	0.256	0.258	0.259	0.257
564	0.258	0.255	0.258	0.259	0.257
565	0.258	0.255	0.258	0.259	0.257
566	0.258	0.254	0.258	0.258	0.257
567	0.257	0.253	0.257	0.257	0.256

568	0.257	0.252	0.257	0.257	0.256
569	0.256	0.253	0.256	0.257	0.256
570	0.256	0.252	0.256	0.257	0.255
571	0.255	0.251	0.255	0.256	0.254
572	0.255	0.250	0.255	0.255	0.254
573	0.255	0.250	0.255	0.256	0.254
574	0.255	0.250	0.254	0.256	0.254
575	0.255	0.250	0.254	0.256	0.254
576	0.255	0.250	0.254	0.256	0.254
577	0.255	0.250	0.255	0.257	0.255
578	0.255	0.250	0.255	0.257	0.256
579	0.255	0.250	0.254	0.257	0.256
580	0.254	0.249	0.254	0.256	0.255
581	0.254	0.249	0.254	0.256	0.256
582	0.253	0.249	0.253	0.257	0.255
583	0.252	0.249	0.253	0.257	0.255
584	0.252	0.249	0.253	0.256	0.255
585	0.251	0.249	0.252	0.256	0.255
586	0.251	0.248	0.252	0.256	0.254
587	0.250	0.248	0.252	0.256	0.254
588	0.249	0.248	0.251	0.255	0.253
589	0.249	0.247	0.250	0.255	0.253
590	0.249	0.247	0.250	0.254	0.253
591	0.249	0.248	0.250	0.254	0.253
592	0.249	0.247	0.250	0.254	0.252
593	0.249	0.248	0.250	0.254	0.252
594	0.249	0.248	0.250	0.253	0.252
595	0.249	0.247	0.249	0.252	0.252
596	0.250	0.246	0.249	0.252	0.251

597	0.250	0.246	0.249	0.251	0.251
598	0.249	0.247	0.248	0.251	0.251
599	0.249	0.246	0.248	0.250	0.250
600	0.249	0.247	0.248	0.251	0.250
601	0.249	0.247	0.248	0.250	0.250
602	0.249	0.247	0.248	0.250	0.250
603	0.248	0.247	0.248	0.250	0.250
604	0.248	0.246	0.247	0.249	0.250
605	0.247	0.245	0.247	0.249	0.249
606	0.247	0.245	0.247	0.249	0.249
607	0.246	0.244	0.246	0.249	0.248
608	0.246	0.244	0.246	0.249	0.248
609	0.246	0.244	0.246	0.249	0.248
610	0.245	0.243	0.246	0.249	0.248
611	0.244	0.243	0.245	0.248	0.247
612	0.244	0.242	0.244	0.248	0.247
613	0.244	0.241	0.244	0.248	0.246
614	0.244	0.241	0.243	0.247	0.246
615	0.244	0.241	0.244	0.248	0.246
616	0.244	0.241	0.244	0.248	0.246
617	0.244	0.241	0.243	0.248	0.246
618	0.245	0.241	0.244	0.248	0.247
619	0.245	0.242	0.243	0.248	0.247
620	0.245	0.242	0.244	0.248	0.247
621	0.245	0.242	0.244	0.248	0.247
622	0.244	0.241	0.244	0.248	0.246
623	0.245	0.242	0.244	0.248	0.246
624	0.245	0.242	0.245	0.248	0.247
625	0.245	0.243	0.246	0.249	0.247
626	0.245	0.243	0.246	0.249	0.247

627	0.245	0.243	0.247	0.249	0.247
628	0.245	0.244	0.247	0.249	0.247
629	0.245	0.244	0.247	0.249	0.247
630	0.245	0.244	0.247	0.249	0.247
631	0.245	0.243	0.247	0.249	0.247
632	0.245	0.243	0.247	0.249	0.247
633	0.245	0.244	0.248	0.249	0.247
634	0.245	0.243	0.247	0.249	0.247
635	0.244	0.242	0.246	0.248	0.246
636	0.243	0.241	0.245	0.248	0.245
637	0.243	0.241	0.245	0.248	0.245
638	0.242	0.240	0.244	0.247	0.244
639	0.241	0.240	0.243	0.247	0.244
640	0.241	0.239	0.243	0.246	0.243
641	0.240	0.239	0.243	0.245	0.242
642	0.239	0.239	0.243	0.245	0.242
643	0.238	0.238	0.242	0.244	0.241
644	0.238	0.237	0.241	0.244	0.241
645	0.237	0.237	0.240	0.243	0.241
646	0.237	0.236	0.240	0.243	0.240
647	0.237	0.236	0.240	0.243	0.240
648	0.235	0.234	0.238	0.241	0.239
649	0.235	0.234	0.238	0.241	0.239
650	0.234	0.233	0.237	0.240	0.238
651	0.234	0.232	0.237	0.239	0.237
652	0.234	0.232	0.236	0.240	0.237
653	0.233	0.231	0.236	0.239	0.237
654	0.233	0.231	0.235	0.238	0.236
655	0.232	0.230	0.234	0.238	0.236

656	0.232	0.229	0.234	0.237	0.236
657	0.232	0.230	0.234	0.238	0.236
658	0.231	0.229	0.233	0.237	0.235
659	0.233	0.230	0.234	0.238	0.236
660	0.233	0.230	0.234	0.239	0.237
661	0.232	0.231	0.235	0.239	0.237
662	0.232	0.231	0.234	0.239	0.237
663	0.231	0.231	0.234	0.239	0.237
664	0.231	0.232	0.234	0.239	0.238
665	0.232	0.232	0.234	0.240	0.237
666	0.232	0.233	0.235	0.240	0.238
667	0.232	0.234	0.236	0.241	0.239
668	0.232	0.235	0.236	0.241	0.239
669	0.233	0.236	0.237	0.241	0.240
670	0.234	0.237	0.237	0.243	0.241
671	0.235	0.238	0.238	0.243	0.241
672	0.236	0.239	0.238	0.245	0.242
673	0.237	0.241	0.240	0.246	0.244
674	0.240	0.242	0.242	0.247	0.245
675	0.241	0.244	0.243	0.249	0.247
676	0.243	0.246	0.245	0.251	0.249
677	0.246	0.249	0.248	0.253	0.252
678	0.250	0.252	0.250	0.256	0.254
679	0.253	0.254	0.253	0.259	0.257
680	0.256	0.258	0.256	0.262	0.260
681	0.259	0.260	0.260	0.264	0.263
682	0.263	0.264	0.263	0.267	0.267
683	0.266	0.267	0.267	0.271	0.270
684	0.271	0.271	0.271	0.275	0.273
685	0.275	0.275	0.275	0.279	0.277

686	0.280	0.279	0.280	0.282	0.281
687	0.284	0.283	0.284	0.285	0.285
688	0.288	0.287	0.287	0.288	0.288
689	0.291	0.290	0.291	0.291	0.291
690	0.293	0.294	0.294	0.294	0.294
691	0.296	0.297	0.296	0.296	0.296
692	0.300	0.300	0.300	0.299	0.299
693	0.302	0.303	0.302	0.302	0.301
694	0.305	0.305	0.305	0.304	0.303
695	0.307	0.307	0.307	0.306	0.306
696	0.308	0.308	0.308	0.307	0.307
697	0.309	0.310	0.309	0.309	0.308
698	0.310	0.310	0.310	0.310	0.309
699	0.311	0.311	0.311	0.311	0.310
700	0.312	0.312	0.312	0.312	0.311

B.2 Data Uji Reflektansi Phantom Bayam

Panjang Gelombang	41 mm	42 mm	43 mm	44 mm	45 mm
400	0.222	0.182	0.206	0.192	0.162
401	0.226	0.188	0.212	0.202	0.162
402	0.226	0.198	0.213	0.202	0.162
403	0.218	0.197	0.208	0.205	0.178
404	0.214	0.196	0.214	0.210	0.194
405	0.221	0.211	0.236	0.230	0.213
406	0.233	0.229	0.249	0.248	0.229
407	0.248	0.250	0.268	0.262	0.240
408	0.253	0.247	0.260	0.249	0.230
409	0.253	0.241	0.255	0.237	0.229

410	0.239	0.225	0.248	0.229	0.215
411	0.219	0.219	0.231	0.217	0.203
412	0.219	0.226	0.236	0.220	0.215
413	0.225	0.229	0.247	0.227	0.219
414	0.219	0.225	0.249	0.222	0.209
415	0.222	0.223	0.244	0.218	0.204
416	0.211	0.207	0.216	0.203	0.182
417	0.207	0.202	0.216	0.201	0.176
418	0.199	0.196	0.204	0.192	0.172
419	0.204	0.200	0.210	0.194	0.172
420	0.201	0.201	0.207	0.195	0.173
421	0.208	0.207	0.210	0.200	0.180
422	0.207	0.204	0.208	0.193	0.182
423	0.212	0.202	0.208	0.198	0.179
424	0.207	0.201	0.202	0.197	0.181
425	0.209	0.203	0.202	0.201	0.184
426	0.217	0.210	0.208	0.203	0.193
427	0.214	0.207	0.207	0.200	0.194
428	0.214	0.209	0.207	0.199	0.195
429	0.218	0.211	0.212	0.203	0.200
430	0.213	0.212	0.209	0.201	0.202
431	0.208	0.210	0.206	0.198	0.198
432	0.208	0.211	0.202	0.196	0.197
433	0.214	0.215	0.204	0.204	0.199
434	0.210	0.214	0.200	0.199	0.196
435	0.211	0.215	0.200	0.199	0.196
436	0.217	0.213	0.202	0.199	0.200
437	0.215	0.212	0.197	0.201	0.196
438	0.217	0.215	0.199	0.200	0.195
439	0.218	0.212	0.199	0.197	0.196

440	0.216	0.215	0.199	0.200	0.198
441	0.217	0.214	0.200	0.200	0.200
442	0.221	0.217	0.204	0.202	0.201
443	0.217	0.215	0.204	0.201	0.200
444	0.213	0.214	0.203	0.201	0.199
445	0.214	0.213	0.206	0.202	0.199
446	0.217	0.215	0.209	0.204	0.200
447	0.216	0.217	0.211	0.206	0.200
448	0.213	0.214	0.211	0.205	0.198
449	0.214	0.213	0.214	0.207	0.199
450	0.218	0.217	0.218	0.210	0.202
451	0.219	0.215	0.218	0.208	0.200
452	0.222	0.219	0.221	0.212	0.204
453	0.221	0.218	0.221	0.212	0.204
454	0.222	0.219	0.223	0.214	0.205
455	0.221	0.219	0.224	0.213	0.206
456	0.218	0.218	0.221	0.211	0.204
457	0.218	0.216	0.220	0.210	0.205
458	0.218	0.216	0.219	0.211	0.205
459	0.221	0.218	0.220	0.211	0.207
460	0.220	0.217	0.219	0.211	0.205
461	0.216	0.214	0.216	0.209	0.203
462	0.220	0.219	0.219	0.212	0.207
463	0.220	0.218	0.218	0.213	0.206
464	0.222	0.219	0.219	0.213	0.209
465	0.224	0.220	0.219	0.213	0.209
466	0.227	0.221	0.219	0.215	0.210
467	0.230	0.223	0.223	0.218	0.213
468	0.232	0.227	0.226	0.222	0.215

469	0.232	0.227	0.226	0.221	0.215
470	0.231	0.226	0.226	0.220	0.215
471	0.232	0.227	0.228	0.222	0.218
472	0.232	0.228	0.229	0.223	0.220
473	0.230	0.227	0.227	0.222	0.219
474	0.233	0.228	0.230	0.224	0.220
475	0.234	0.229	0.230	0.225	0.220
476	0.234	0.230	0.231	0.226	0.222
477	0.233	0.230	0.231	0.224	0.223
478	0.233	0.231	0.231	0.224	0.223
479	0.233	0.230	0.230	0.223	0.222
480	0.233	0.231	0.231	0.224	0.222
481	0.234	0.233	0.231	0.226	0.223
482	0.234	0.234	0.232	0.226	0.223
483	0.236	0.235	0.233	0.227	0.224
484	0.237	0.236	0.233	0.228	0.224
485	0.236	0.236	0.231	0.227	0.225
486	0.235	0.236	0.232	0.226	0.225
487	0.236	0.237	0.232	0.227	0.225
488	0.237	0.239	0.233	0.229	0.225
489	0.239	0.240	0.235	0.230	0.227
490	0.239	0.241	0.235	0.231	0.227
491	0.241	0.242	0.237	0.231	0.228
492	0.242	0.243	0.237	0.232	0.229
493	0.242	0.243	0.237	0.233	0.229
494	0.243	0.243	0.238	0.234	0.230
495	0.243	0.242	0.239	0.234	0.230
496	0.243	0.243	0.240	0.234	0.230
497	0.246	0.245	0.241	0.236	0.231
498	0.246	0.245	0.242	0.236	0.231

499	0.247	0.246	0.242	0.236	0.233
500	0.249	0.248	0.244	0.238	0.234
501	0.251	0.249	0.245	0.239	0.235
502	0.252	0.250	0.246	0.240	0.236
503	0.254	0.250	0.247	0.241	0.237
504	0.255	0.252	0.249	0.243	0.239
505	0.256	0.252	0.250	0.244	0.240
506	0.258	0.255	0.251	0.245	0.242
507	0.259	0.256	0.252	0.246	0.243
508	0.259	0.256	0.252	0.246	0.243
509	0.259	0.256	0.253	0.246	0.243
510	0.260	0.257	0.253	0.248	0.244
511	0.259	0.257	0.253	0.248	0.244
512	0.260	0.257	0.255	0.249	0.244
513	0.260	0.258	0.255	0.249	0.245
514	0.261	0.258	0.255	0.249	0.246
515	0.262	0.258	0.255	0.250	0.245
516	0.264	0.261	0.257	0.251	0.247
517	0.265	0.261	0.258	0.252	0.247
518	0.266	0.261	0.259	0.253	0.248
519	0.267	0.262	0.261	0.254	0.249
520	0.268	0.262	0.262	0.255	0.250
521	0.268	0.262	0.263	0.256	0.250
522	0.269	0.262	0.263	0.255	0.250
523	0.269	0.262	0.263	0.255	0.251
524	0.270	0.262	0.264	0.255	0.251
525	0.270	0.263	0.264	0.256	0.251
526	0.269	0.263	0.265	0.257	0.252
527	0.268	0.262	0.264	0.257	0.252

528	0.267	0.262	0.264	0.257	0.252
529	0.266	0.261	0.263	0.256	0.251
530	0.267	0.262	0.262	0.256	0.251
531	0.267	0.262	0.262	0.257	0.251
532	0.266	0.261	0.261	0.256	0.249
533	0.265	0.261	0.261	0.256	0.250
534	0.264	0.262	0.262	0.257	0.250
535	0.264	0.261	0.261	0.256	0.249
536	0.263	0.261	0.260	0.255	0.248
537	0.264	0.260	0.259	0.254	0.248
538	0.264	0.260	0.259	0.253	0.248
539	0.264	0.261	0.260	0.254	0.247
540	0.265	0.262	0.261	0.254	0.247
541	0.265	0.262	0.262	0.255	0.248
542	0.266	0.263	0.262	0.255	0.248
543	0.268	0.264	0.262	0.256	0.249
544	0.269	0.265	0.264	0.257	0.250
545	0.269	0.266	0.264	0.257	0.251
546	0.270	0.266	0.264	0.257	0.252
547	0.271	0.267	0.265	0.258	0.252
548	0.270	0.267	0.265	0.259	0.253
549	0.271	0.268	0.266	0.259	0.253
550	0.271	0.268	0.266	0.259	0.253
551	0.271	0.268	0.266	0.260	0.254
552	0.271	0.269	0.265	0.259	0.253
553	0.271	0.269	0.265	0.259	0.253
554	0.271	0.268	0.265	0.259	0.253
555	0.271	0.268	0.264	0.259	0.253
556	0.272	0.269	0.265	0.259	0.252
557	0.273	0.270	0.266	0.260	0.253

558	0.272	0.269	0.266	0.259	0.252
559	0.273	0.269	0.266	0.259	0.253
560	0.273	0.270	0.267	0.260	0.254
561	0.273	0.269	0.267	0.260	0.254
562	0.273	0.269	0.267	0.260	0.254
563	0.273	0.269	0.267	0.260	0.254
564	0.273	0.269	0.268	0.260	0.255
565	0.274	0.269	0.268	0.260	0.255
566	0.273	0.269	0.268	0.260	0.254
567	0.273	0.268	0.267	0.260	0.254
568	0.271	0.268	0.267	0.259	0.254
569	0.272	0.269	0.267	0.259	0.254
570	0.271	0.268	0.267	0.259	0.254
571	0.271	0.267	0.265	0.257	0.253
572	0.271	0.267	0.265	0.258	0.253
573	0.271	0.266	0.265	0.258	0.253
574	0.270	0.267	0.265	0.258	0.252
575	0.269	0.266	0.264	0.257	0.252
576	0.269	0.266	0.265	0.258	0.252
577	0.270	0.267	0.265	0.258	0.253
578	0.270	0.268	0.266	0.258	0.253
579	0.270	0.268	0.265	0.259	0.253
580	0.269	0.267	0.264	0.258	0.253
581	0.269	0.267	0.264	0.257	0.253
582	0.269	0.267	0.263	0.258	0.253
583	0.268	0.267	0.264	0.257	0.253
584	0.268	0.267	0.263	0.257	0.253
585	0.269	0.267	0.263	0.257	0.253
586	0.269	0.267	0.263	0.257	0.253

587	0.268	0.266	0.262	0.257	0.253
588	0.268	0.266	0.262	0.256	0.252
589	0.267	0.265	0.261	0.255	0.252
590	0.267	0.264	0.261	0.255	0.252
591	0.268	0.264	0.262	0.256	0.253
592	0.267	0.265	0.262	0.256	0.252
593	0.268	0.264	0.262	0.256	0.252
594	0.268	0.264	0.262	0.256	0.252
595	0.267	0.264	0.262	0.256	0.252
596	0.267	0.264	0.262	0.255	0.251
597	0.266	0.263	0.261	0.255	0.251
598	0.266	0.264	0.261	0.255	0.251
599	0.266	0.263	0.261	0.254	0.251
600	0.266	0.264	0.262	0.255	0.252
601	0.266	0.265	0.262	0.255	0.252
602	0.266	0.264	0.261	0.255	0.251
603	0.266	0.264	0.261	0.255	0.251
604	0.265	0.263	0.261	0.255	0.251
605	0.264	0.262	0.260	0.254	0.250
606	0.264	0.262	0.260	0.254	0.251
607	0.264	0.261	0.260	0.254	0.250
608	0.264	0.262	0.260	0.253	0.250
609	0.264	0.261	0.260	0.254	0.250
610	0.264	0.261	0.259	0.253	0.250
611	0.262	0.260	0.258	0.252	0.248
612	0.261	0.259	0.257	0.251	0.248
613	0.261	0.259	0.257	0.250	0.247
614	0.260	0.258	0.257	0.250	0.247
615	0.260	0.258	0.257	0.250	0.247
616	0.261	0.259	0.257	0.250	0.247

617	0.261	0.258	0.257	0.249	0.246
618	0.261	0.258	0.257	0.250	0.246
619	0.260	0.258	0.257	0.249	0.246
620	0.260	0.258	0.257	0.249	0.246
621	0.260	0.258	0.257	0.249	0.246
622	0.259	0.257	0.257	0.248	0.246
623	0.259	0.258	0.257	0.249	0.246
624	0.260	0.258	0.258	0.249	0.247
625	0.260	0.258	0.258	0.249	0.247
626	0.260	0.258	0.258	0.249	0.247
627	0.260	0.258	0.257	0.248	0.247
628	0.260	0.258	0.257	0.248	0.247
629	0.260	0.258	0.257	0.248	0.247
630	0.260	0.259	0.257	0.248	0.247
631	0.260	0.259	0.256	0.247	0.247
632	0.260	0.259	0.256	0.247	0.247
633	0.260	0.259	0.257	0.248	0.247
634	0.260	0.258	0.257	0.247	0.247
635	0.259	0.258	0.256	0.247	0.246
636	0.259	0.257	0.256	0.247	0.246
637	0.259	0.257	0.256	0.247	0.246
638	0.258	0.256	0.256	0.246	0.246
639	0.259	0.256	0.255	0.247	0.246
640	0.259	0.256	0.256	0.247	0.246
641	0.258	0.255	0.255	0.246	0.245
642	0.258	0.255	0.255	0.246	0.245
643	0.258	0.255	0.255	0.246	0.246
644	0.257	0.255	0.254	0.246	0.245
645	0.257	0.254	0.254	0.245	0.245

646	0.257	0.254	0.254	0.244	0.244
647	0.256	0.254	0.254	0.245	0.245
648	0.254	0.252	0.252	0.242	0.243
649	0.254	0.252	0.252	0.242	0.242
650	0.253	0.251	0.252	0.241	0.242
651	0.252	0.250	0.251	0.240	0.241
652	0.252	0.250	0.251	0.240	0.240
653	0.251	0.249	0.250	0.238	0.239
654	0.250	0.248	0.250	0.238	0.238
655	0.250	0.247	0.249	0.237	0.237
656	0.250	0.248	0.249	0.236	0.237
657	0.250	0.248	0.249	0.237	0.237
658	0.249	0.247	0.248	0.236	0.235
659	0.250	0.247	0.249	0.237	0.236
660	0.250	0.247	0.249	0.237	0.236
661	0.251	0.247	0.249	0.237	0.236
662	0.250	0.247	0.249	0.237	0.236
663	0.249	0.246	0.248	0.237	0.236
664	0.250	0.246	0.248	0.238	0.236
665	0.250	0.246	0.248	0.238	0.236
666	0.250	0.247	0.248	0.238	0.236
667	0.251	0.247	0.248	0.238	0.236
668	0.251	0.247	0.247	0.238	0.237
669	0.252	0.247	0.248	0.238	0.238
670	0.253	0.248	0.248	0.239	0.238
671	0.253	0.249	0.248	0.239	0.239
672	0.254	0.250	0.249	0.240	0.239
673	0.256	0.252	0.250	0.240	0.239
674	0.257	0.253	0.251	0.242	0.240
675	0.258	0.255	0.253	0.243	0.241

676	0.260	0.257	0.255	0.245	0.242
677	0.263	0.259	0.258	0.247	0.244
678	0.266	0.262	0.260	0.249	0.246
679	0.269	0.264	0.262	0.252	0.248
680	0.272	0.267	0.265	0.255	0.250
681	0.274	0.269	0.267	0.258	0.252
682	0.277	0.273	0.270	0.260	0.255
683	0.280	0.276	0.273	0.263	0.257
684	0.284	0.279	0.276	0.267	0.260
685	0.288	0.283	0.280	0.270	0.264
686	0.292	0.287	0.283	0.273	0.266
687	0.295	0.290	0.286	0.276	0.270
688	0.298	0.292	0.288	0.279	0.272
689	0.300	0.295	0.291	0.281	0.274
690	0.303	0.298	0.293	0.283	0.277
691	0.306	0.300	0.295	0.285	0.278
692	0.308	0.303	0.297	0.287	0.281
693	0.310	0.305	0.299	0.289	0.282
694	0.312	0.307	0.301	0.291	0.284
695	0.314	0.308	0.302	0.292	0.285
696	0.314	0.309	0.303	0.293	0.286
697	0.315	0.310	0.304	0.294	0.287
698	0.316	0.311	0.304	0.295	0.287
699	0.316	0.312	0.305	0.295	0.287
700	0.316	0.312	0.305	0.295	0.288

B.3 Data Hasil Uji Reflektansi Phantom Kangkung

Panjang Gelombang	41 mm	42 mm	43 mm	44 mm	45 mm
--------------------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

400	0.664	0.633	0.667	0.555	0.484
401	0.649	0.608	0.646	0.539	0.499
402	0.656	0.599	0.589	0.531	0.514
403	0.610	0.543	0.564	0.480	0.514
404	0.587	0.512	0.585	0.494	0.499
405	0.529	0.412	0.503	0.445	0.380
406	0.535	0.408	0.473	0.397	0.368
407	0.509	0.355	0.470	0.390	0.347
408	0.520	0.362	0.489	0.418	0.380
409	0.520	0.382	0.493	0.439	0.398
410	0.534	0.394	0.463	0.450	0.392
411	0.513	0.425	0.453	0.465	0.391
412	0.490	0.421	0.418	0.478	0.335
413	0.489	0.437	0.446	0.492	0.328
414	0.504	0.466	0.456	0.496	0.351
415	0.488	0.473	0.424	0.462	0.347
416	0.536	0.537	0.506	0.523	0.452
417	0.520	0.535	0.505	0.525	0.451
418	0.522	0.552	0.485	0.512	0.456
419	0.516	0.560	0.463	0.513	0.456
420	0.493	0.550	0.448	0.513	0.451
421	0.487	0.543	0.464	0.517	0.451
422	0.492	0.547	0.472	0.519	0.457
423	0.535	0.564	0.503	0.518	0.489
424	0.538	0.572	0.510	0.523	0.503
425	0.549	0.553	0.519	0.522	0.503
426	0.503	0.521	0.477	0.501	0.469
427	0.516	0.529	0.479	0.492	0.474
428	0.530	0.537	0.488	0.499	0.495
429	0.536	0.551	0.501	0.505	0.517

430	0.533	0.535	0.499	0.497	0.516
431	0.551	0.544	0.514	0.501	0.528
432	0.562	0.556	0.523	0.506	0.538
433	0.573	0.541	0.520	0.504	0.540
434	0.554	0.539	0.514	0.508	0.533
435	0.538	0.528	0.501	0.502	0.526
436	0.535	0.540	0.495	0.516	0.525
437	0.577	0.564	0.533	0.535	0.558
438	0.576	0.560	0.522	0.550	0.555
439	0.571	0.564	0.523	0.554	0.546
440	0.579	0.564	0.522	0.556	0.544
441	0.592	0.575	0.528	0.562	0.547
442	0.595	0.577	0.531	0.562	0.546
443	0.593	0.579	0.526	0.557	0.543
444	0.593	0.587	0.527	0.562	0.539
445	0.592	0.586	0.534	0.555	0.536
446	0.603	0.586	0.539	0.555	0.532
447	0.592	0.570	0.527	0.534	0.521
448	0.589	0.562	0.520	0.528	0.519
449	0.596	0.574	0.523	0.522	0.526
450	0.595	0.564	0.513	0.510	0.516
451	0.590	0.557	0.509	0.507	0.509
452	0.576	0.542	0.498	0.497	0.495
453	0.575	0.540	0.494	0.502	0.490
454	0.572	0.537	0.491	0.502	0.489
455	0.579	0.544	0.500	0.504	0.499
456	0.586	0.546	0.499	0.505	0.503
457	0.578	0.544	0.495	0.498	0.499
458	0.583	0.552	0.505	0.504	0.500

459	0.580	0.550	0.508	0.507	0.496
460	0.574	0.546	0.513	0.509	0.488
461	0.575	0.555	0.520	0.519	0.492
462	0.565	0.555	0.515	0.515	0.483
463	0.563	0.559	0.525	0.517	0.490
464	0.562	0.567	0.532	0.520	0.499
465	0.558	0.567	0.539	0.527	0.502
466	0.551	0.562	0.535	0.528	0.492
467	0.555	0.568	0.536	0.536	0.496
468	0.552	0.563	0.530	0.531	0.497
469	0.555	0.568	0.530	0.535	0.504
470	0.563	0.579	0.535	0.540	0.512
471	0.567	0.578	0.533	0.542	0.518
472	0.568	0.577	0.537	0.541	0.521
473	0.579	0.581	0.543	0.549	0.530
474	0.579	0.581	0.537	0.542	0.525
475	0.581	0.578	0.531	0.538	0.520
476	0.592	0.584	0.535	0.542	0.527
477	0.597	0.590	0.537	0.543	0.532
478	0.598	0.593	0.541	0.546	0.534
479	0.610	0.602	0.551	0.559	0.541
480	0.613	0.606	0.559	0.562	0.548
481	0.614	0.609	0.558	0.564	0.548
482	0.615	0.615	0.562	0.566	0.551
483	0.619	0.619	0.564	0.571	0.556
484	0.619	0.619	0.566	0.572	0.555
485	0.630	0.627	0.578	0.585	0.566
486	0.636	0.630	0.583	0.594	0.572
487	0.638	0.635	0.586	0.597	0.573
488	0.638	0.634	0.589	0.598	0.576

489	0.639	0.636	0.591	0.601	0.579
490	0.643	0.644	0.597	0.606	0.582
491	0.647	0.647	0.600	0.611	0.583
492	0.654	0.648	0.603	0.612	0.586
493	0.661	0.650	0.611	0.619	0.591
494	0.664	0.651	0.615	0.623	0.594
495	0.672	0.658	0.623	0.630	0.601
496	0.678	0.663	0.626	0.637	0.604
497	0.683	0.672	0.633	0.640	0.610
498	0.687	0.675	0.638	0.643	0.615
499	0.694	0.681	0.641	0.650	0.620
500	0.695	0.678	0.641	0.650	0.619
501	0.696	0.677	0.642	0.652	0.621
502	0.696	0.678	0.644	0.654	0.624
503	0.697	0.683	0.648	0.658	0.627
504	0.695	0.687	0.647	0.658	0.628
505	0.698	0.691	0.650	0.660	0.632
506	0.697	0.697	0.652	0.655	0.631
507	0.655	0.711	0.670	0.616	0.592
508	0.660	0.714	0.673	0.623	0.598
509	0.666	0.719	0.674	0.627	0.599
510	0.671	0.724	0.680	0.633	0.603
511	0.676	0.729	0.687	0.639	0.610
512	0.681	0.732	0.690	0.642	0.615
513	0.689	0.738	0.694	0.647	0.621
514	0.694	0.743	0.698	0.655	0.627
515	0.702	0.746	0.701	0.660	0.633
516	0.705	0.748	0.704	0.663	0.636
517	0.712	0.750	0.709	0.674	0.643

518	0.752	0.745	0.702	0.712	0.681
519	0.750	0.747	0.700	0.709	0.679
520	0.752	0.747	0.702	0.711	0.682
521	0.754	0.748	0.704	0.714	0.686
522	0.760	0.754	0.708	0.717	0.689
523	0.762	0.756	0.711	0.719	0.691
524	0.761	0.755	0.712	0.720	0.691
525	0.762	0.756	0.714	0.718	0.693
526	0.764	0.757	0.715	0.717	0.693
527	0.764	0.758	0.718	0.717	0.690
528	0.762	0.758	0.715	0.715	0.690
529	0.761	0.756	0.714	0.714	0.691
530	0.763	0.756	0.718	0.717	0.694
531	0.759	0.755	0.718	0.714	0.692
532	0.757	0.755	0.717	0.713	0.691
533	0.754	0.751	0.714	0.710	0.689
534	0.753	0.752	0.711	0.711	0.687
535	0.754	0.753	0.712	0.713	0.688
536	0.755	0.753	0.713	0.715	0.687
537	0.753	0.753	0.714	0.715	0.687
538	0.755	0.754	0.715	0.717	0.691
539	0.757	0.755	0.717	0.717	0.690
540	0.760	0.758	0.718	0.718	0.691
541	0.761	0.758	0.717	0.717	0.691
542	0.766	0.761	0.719	0.721	0.694
543	0.766	0.761	0.719	0.721	0.694
544	0.770	0.767	0.723	0.727	0.697
545	0.774	0.770	0.726	0.728	0.701
546	0.775	0.773	0.729	0.729	0.702
547	0.777	0.775	0.730	0.731	0.704

548	0.778	0.777	0.733	0.734	0.706
549	0.777	0.777	0.733	0.734	0.706
550	0.779	0.778	0.733	0.736	0.709
551	0.781	0.779	0.735	0.737	0.712
552	0.781	0.779	0.736	0.739	0.712
553	0.779	0.779	0.737	0.738	0.712
554	0.778	0.777	0.736	0.738	0.713
555	0.778	0.777	0.736	0.737	0.714
556	0.777	0.776	0.735	0.735	0.711
557	0.775	0.772	0.732	0.733	0.711
558	0.774	0.771	0.731	0.731	0.710
559	0.772	0.769	0.730	0.729	0.707
560	0.775	0.770	0.729	0.729	0.707
561	0.773	0.770	0.731	0.729	0.705
562	0.771	0.768	0.728	0.729	0.702
563	0.771	0.768	0.728	0.730	0.702
564	0.770	0.766	0.726	0.727	0.701
565	0.771	0.767	0.727	0.727	0.701
566	0.768	0.765	0.724	0.724	0.699
567	0.767	0.766	0.726	0.725	0.700
568	0.768	0.766	0.726	0.725	0.698
569	0.767	0.764	0.724	0.723	0.697
570	0.767	0.764	0.724	0.724	0.698
571	0.764	0.762	0.721	0.722	0.696
572	0.763	0.763	0.720	0.720	0.696
573	0.765	0.763	0.724	0.719	0.698
574	0.763	0.763	0.723	0.717	0.696
575	0.763	0.764	0.724	0.717	0.697
576	0.762	0.762	0.724	0.716	0.695

577	0.762	0.761	0.724	0.716	0.694
578	0.762	0.760	0.721	0.714	0.690
579	0.762	0.763	0.723	0.716	0.693
580	0.763	0.763	0.725	0.715	0.693
581	0.764	0.763	0.723	0.714	0.692
582	0.766	0.763	0.723	0.717	0.691
583	0.766	0.762	0.724	0.718	0.691
584	0.762	0.760	0.720	0.717	0.688
585	0.763	0.761	0.720	0.717	0.690
586	0.764	0.760	0.721	0.718	0.690
587	0.763	0.761	0.721	0.719	0.690
588	0.763	0.760	0.721	0.719	0.691
589	0.765	0.759	0.721	0.718	0.690
590	0.763	0.758	0.722	0.717	0.690
591	0.762	0.758	0.722	0.717	0.689
592	0.762	0.758	0.723	0.718	0.691
593	0.763	0.757	0.726	0.717	0.692
594	0.761	0.757	0.725	0.716	0.693
595	0.761	0.759	0.727	0.715	0.694
596	0.760	0.757	0.726	0.713	0.693
597	0.760	0.757	0.725	0.713	0.692
598	0.761	0.759	0.726	0.713	0.691
599	0.760	0.758	0.725	0.712	0.689
600	0.757	0.757	0.722	0.710	0.686
601	0.755	0.755	0.720	0.708	0.685
602	0.754	0.754	0.720	0.707	0.684
603	0.755	0.757	0.721	0.707	0.684
604	0.753	0.756	0.718	0.704	0.683
605	0.755	0.755	0.717	0.705	0.682
606	0.755	0.753	0.718	0.705	0.682

607	0.754	0.752	0.716	0.703	0.680
608	0.754	0.750	0.715	0.702	0.679
609	0.750	0.745	0.711	0.698	0.674
610	0.750	0.745	0.709	0.697	0.674
611	0.751	0.744	0.710	0.698	0.676
612	0.751	0.745	0.710	0.697	0.676
613	0.750	0.745	0.708	0.696	0.676
614	0.748	0.742	0.708	0.693	0.675
615	0.748	0.743	0.710	0.693	0.676
616	0.745	0.741	0.708	0.690	0.674
617	0.744	0.741	0.706	0.689	0.673
618	0.746	0.743	0.707	0.692	0.674
619	0.745	0.744	0.708	0.692	0.674
620	0.749	0.749	0.711	0.695	0.679
621	0.749	0.750	0.713	0.695	0.679
622	0.753	0.753	0.714	0.697	0.681
623	0.753	0.751	0.715	0.698	0.679
624	0.753	0.751	0.716	0.699	0.678
625	0.755	0.751	0.715	0.700	0.678
626	0.755	0.751	0.716	0.701	0.676
627	0.757	0.753	0.717	0.704	0.676
628	0.757	0.753	0.717	0.704	0.677
629	0.755	0.753	0.717	0.702	0.676
630	0.755	0.751	0.716	0.700	0.677
631	0.754	0.750	0.716	0.699	0.676
632	0.752	0.747	0.714	0.698	0.674
633	0.749	0.746	0.714	0.697	0.673
634	0.748	0.745	0.712	0.697	0.673
635	0.747	0.742	0.709	0.694	0.671

636	0.744	0.743	0.707	0.693	0.671
637	0.743	0.743	0.706	0.693	0.671
638	0.741	0.742	0.704	0.689	0.668
639	0.739	0.741	0.703	0.689	0.669
640	0.739	0.736	0.700	0.688	0.667
641	0.739	0.735	0.700	0.687	0.665
642	0.735	0.731	0.696	0.684	0.663
643	0.735	0.732	0.695	0.684	0.665
644	0.734	0.732	0.692	0.682	0.661
645	0.732	0.731	0.691	0.678	0.659
646	0.730	0.729	0.689	0.678	0.657
647	0.727	0.725	0.687	0.674	0.653
648	0.725	0.722	0.684	0.671	0.650
649	0.724	0.719	0.683	0.671	0.650
650	0.722	0.717	0.681	0.668	0.646
651	0.718	0.715	0.679	0.665	0.643
652	0.715	0.711	0.675	0.661	0.640
653	0.714	0.709	0.673	0.659	0.636
654	0.713	0.706	0.669	0.655	0.632
655	0.710	0.701	0.667	0.652	0.631
656	0.707	0.699	0.663	0.649	0.628
657	0.704	0.696	0.660	0.645	0.626
658	0.701	0.694	0.656	0.644	0.625
659	0.698	0.690	0.653	0.641	0.622
660	0.695	0.687	0.649	0.638	0.621
661	0.692	0.684	0.647	0.637	0.619
662	0.692	0.683	0.646	0.637	0.618
663	0.691	0.683	0.645	0.637	0.617
664	0.690	0.683	0.646	0.634	0.616
665	0.690	0.683	0.647	0.636	0.617

666	0.690	0.683	0.647	0.635	0.617
667	0.692	0.683	0.648	0.638	0.618
668	0.695	0.686	0.650	0.640	0.622
669	0.698	0.687	0.653	0.641	0.623
670	0.701	0.690	0.656	0.643	0.625
671	0.705	0.693	0.659	0.647	0.627
672	0.709	0.698	0.662	0.651	0.630
673	0.716	0.705	0.668	0.656	0.637
674	0.721	0.711	0.674	0.663	0.643
675	0.728	0.719	0.680	0.670	0.650
676	0.734	0.726	0.685	0.676	0.655
677	0.743	0.734	0.692	0.684	0.664
678	0.750	0.743	0.700	0.692	0.671
679	0.759	0.752	0.709	0.701	0.679
680	0.767	0.762	0.717	0.710	0.688
681	0.776	0.773	0.726	0.719	0.700
682	0.786	0.784	0.738	0.728	0.712
683	0.797	0.794	0.749	0.737	0.724
684	0.805	0.802	0.758	0.746	0.732
685	0.814	0.811	0.766	0.754	0.741
686	0.822	0.819	0.776	0.764	0.752
687	0.829	0.828	0.785	0.771	0.761
688	0.834	0.836	0.793	0.779	0.767
689	0.840	0.842	0.801	0.786	0.774
690	0.846	0.849	0.807	0.792	0.781
691	0.852	0.854	0.813	0.798	0.787
692	0.858	0.858	0.820	0.804	0.793
693	0.860	0.860	0.822	0.807	0.796
694	0.864	0.865	0.827	0.813	0.801

695	0.866	0.869	0.829	0.815	0.805
696	0.868	0.871	0.832	0.816	0.810
697	0.867	0.869	0.830	0.817	0.809
698	0.869	0.869	0.832	0.819	0.812
699	0.869	0.869	0.835	0.820	0.815
700	0.871	0.872	0.836	0.821	0.817

LAMPIRAN C HASIL FITTING

Lampiran berikut berisi data koef absorpsi klorofil hasil fitting yang dipergunakan untuk menghitung konsentrasi klorofil.

C.1 Koef Absorpsi Sawi Hasil Fitting

Panjang Gelombang	Koef. Absorbansi Klorofil
430	0.031
431	0.032
432	0.030
433	0.039
434	0.034
435	0.033
436	0.039
437	0.036
438	0.041
439	0.041
440	0.045
441	0.048
442	0.051
443	0.053
444	0.053
445	0.054
446	0.058
447	0.061
448	0.060
449	0.063
450	0.068
451	0.067
452	0.072
453	0.073
454	0.073
455	0.074

456	0.075
457	0.076
458	0.077
459	0.080
460	0.080
461	0.078
462	0.083
463	0.084
464	0.090
465	0.093
466	0.097
467	0.101
468	0.105
469	0.106
470	0.107
471	0.110
472	0.112
473	0.111
474	0.114
475	0.117
476	0.119
477	0.119
478	0.120
479	0.120
480	0.122
481	0.123
482	0.125
483	0.127
484	0.128
485	0.128

486	0.129
487	0.130
488	0.133
489	0.136
490	0.137
491	0.140
492	0.142
493	0.144
494	0.151
495	0.153
496	0.156
497	0.159
498	0.161
499	0.163
500	0.166
501	0.168
502	0.171
503	0.173
504	0.176
505	0.177
506	0.179
507	0.183
508	0.184
509	0.185
510	0.187
511	0.187
512	0.189
513	0.190
514	0.192
515	0.193

516	0.196
517	0.197
518	0.198
519	0.200
520	0.201
521	0.203
522	0.203
523	0.204
524	0.206
525	0.207
526	0.208
527	0.209
528	0.209
529	0.210
530	0.210
531	0.211
532	0.210
533	0.211
534	0.212
535	0.212
536	0.212
537	0.212
538	0.212
539	0.213
540	0.214
541	0.215
542	0.216
543	0.217
544	0.218
545	0.219
546	0.219
547	0.220
548	0.219
549	0.220
550	0.226
551	0.226
552	0.226
553	0.227
554	0.227

555	0.228
556	0.229
557	0.231
558	0.232
559	0.233
560	0.234
561	0.235
562	0.233
563	0.234
564	0.236
565	0.237
566	0.238
567	0.238
568	0.238
569	0.239
570	0.240
571	0.239
572	0.240
573	0.241
574	0.241
575	0.242
576	0.242
577	0.243
578	0.244
579	0.244
580	0.244
581	0.244
582	0.245
583	0.245
584	0.245
585	0.246
586	0.246
587	0.246
588	0.246
589	0.246
590	0.247
591	0.248
592	0.248
593	0.248

594	0.249
595	0.249
596	0.249
597	0.250
598	0.251
599	0.251
600	0.253
601	0.253
602	0.253
603	0.254
604	0.255
605	0.254
606	0.255
607	0.255
608	0.256
609	0.256
610	0.257
611	0.256
612	0.256
613	0.256
614	0.256
615	0.257
616	0.258
617	0.258
618	0.259
619	0.259
620	0.260
621	0.261
622	0.261
623	0.262
624	0.263
625	0.264
626	0.264
627	0.265
628	0.266
629	0.266
630	0.267
631	0.267
632	0.267

633	0.268
634	0.268
635	0.267
636	0.267
637	0.267
638	0.266
639	0.266
640	0.266
641	0.266
642	0.266
643	0.265
644	0.265
645	0.264
646	0.264
647	0.264
648	0.263
649	0.262
650	0.261
651	0.261
652	0.260
653	0.259
654	0.258
655	0.258

656	0.258
657	0.258
658	0.257
659	0.257
660	0.257
661	0.257
662	0.257
663	0.257
664	0.258
665	0.258
666	0.259
667	0.260
668	0.262
669	0.264
670	0.266
671	0.268
672	0.271
673	0.274
674	0.276
675	0.279
676	0.282
677	0.286
678	0.290

679	0.293
680	0.296
681	0.299
682	0.302
683	0.304
684	0.307
685	0.310
686	0.313
687	0.315
688	0.317
689	0.318
690	0.319
691	0.320
692	0.322
693	0.322
694	0.323
695	0.324
696	0.323
697	0.323
698	0.323
699	0.322
700	0.322

C.2 Koef Absorpsi Bayam Hasil Fitting

Panjang Gelombang	Koef. Absorpsi Klorofil
430	0.000
431	0.000
432	0.000
433	0.001
434	0.001
435	0.012
436	0.026
437	0.029
438	0.040

439	0.043
440	0.048
441	0.051
442	0.060
443	0.062
444	0.057
445	0.059
446	0.065
447	0.073
448	0.069
449	0.074
450	0.086
451	0.083

452	0.092
453	0.094
454	0.098
455	0.102
456	0.107
457	0.108
458	0.110
459	0.120
460	0.119
461	0.116
462	0.128
463	0.134
464	0.142

465	0.147
466	0.155
467	0.159
468	0.164
469	0.166
470	0.167
471	0.173
472	0.178
473	0.177
474	0.180
475	0.183
476	0.188
477	0.190
478	0.193
479	0.196
480	0.198
481	0.202
482	0.206
483	0.209
484	0.213
485	0.216
486	0.214
487	0.218
488	0.223
489	0.228
490	0.232
491	0.238
492	0.241
493	0.245
494	0.259
495	0.261
496	0.264
497	0.269
498	0.273
499	0.278
500	0.283
501	0.287
502	0.291
503	0.297

504	0.302
505	0.304
506	0.309
507	0.313
508	0.315
509	0.319
510	0.322
511	0.323
512	0.327
513	0.329
514	0.331
515	0.333
516	0.339
517	0.342
518	0.344
519	0.347
520	0.350
521	0.353
522	0.355
523	0.357
524	0.360
525	0.363
526	0.365
527	0.366
528	0.367
529	0.367
530	0.370
531	0.372
532	0.373
533	0.373
534	0.375
535	0.376
536	0.377
537	0.378
538	0.379
539	0.381
540	0.384
541	0.386
542	0.388

543	0.389
544	0.391
545	0.393
546	0.394
547	0.396
548	0.397
549	0.399
550	0.400
551	0.401
552	0.401
553	0.402
554	0.402
555	0.403
556	0.402
557	0.404
558	0.405
559	0.430
560	0.432
561	0.434
562	0.436
563	0.437
564	0.437
565	0.439
566	0.440
567	0.440
568	0.440
569	0.442
570	0.443
571	0.443
572	0.443
573	0.444
574	0.447
575	0.449
576	0.444
577	0.447
578	0.451
579	0.454
580	0.454
581	0.455

582	0.457
583	0.459
584	0.460
585	0.461
586	0.462
587	0.462
588	0.463
589	0.463
590	0.464
591	0.467
592	0.468
593	0.470
594	0.471
595	0.472
596	0.472
597	0.474
598	0.476
599	0.477
600	0.478
601	0.479
602	0.480
603	0.481
604	0.481
605	0.482
606	0.483
607	0.483
608	0.484
609	0.484
610	0.484
611	0.484
612	0.484
613	0.484
614	0.485
615	0.486
616	0.487
617	0.487
618	0.488
619	0.489
620	0.490

621	0.491
622	0.491
623	0.492
624	0.493
625	0.494
626	0.494
627	0.495
628	0.495
629	0.495
630	0.495
631	0.495
632	0.495
633	0.495
634	0.495
635	0.494
636	0.494
637	0.494
638	0.493
639	0.492
640	0.492
641	0.491
642	0.491
643	0.490
644	0.489
645	0.488
646	0.487
647	0.486
648	0.486
649	0.485
650	0.484
651	0.483
652	0.485
653	0.484
654	0.483
655	0.482
656	0.481
657	0.480
658	0.479
659	0.476

660	0.427
661	0.422
662	0.423
663	0.423
664	0.542
665	0.543
666	0.546
667	0.548
668	0.550
669	0.552
670	0.555
671	0.557
672	0.561
673	0.564
674	0.568
675	0.571
676	0.575
677	0.579
678	0.584
679	0.588
680	0.593
681	0.596
682	0.601
683	0.605
684	0.609
685	0.614
686	0.618
687	0.621
688	0.628
689	0.630
690	0.633
691	0.634
692	0.637
693	0.638
694	0.639
695	0.640
696	0.639
697	0.638
698	0.652

699	0.651
-----	-------

700	0.651
-----	-------

C.3 Koef Absorbsi Kangkung Hasil Fitting

Panjang Gelombang	Koef. Absorbsi Klorofil
430	0.000
431	0.000
432	0.000
433	0.001
434	0.001
435	0.000
436	0.000
437	0.011
438	0.011
439	0.011
440	0.015
441	0.018
442	0.018
443	0.020
444	0.021
445	0.021
446	0.025
447	0.020
448	0.020
449	0.021
450	0.016
451	0.012
452	0.006
453	0.007
454	0.005
455	0.009
456	0.010
457	0.007
458	0.012
459	0.012
460	0.012
461	0.016
462	0.015

463	0.017
464	0.019
465	0.021
466	0.019
467	0.022
468	0.021
469	0.023
470	0.026
471	0.028
472	0.030
473	0.035
474	0.035
475	0.035
476	0.039
477	0.040
478	0.042
479	0.046
480	0.047
481	0.049
482	0.050
483	0.052
484	0.053
485	0.058
486	0.059
487	0.061
488	0.063
489	0.064
490	0.066
491	0.068
492	0.069
493	0.071
494	0.072
495	0.074
496	0.076
497	0.078
498	0.080
499	0.081

500	0.081
501	0.083
502	0.084
503	0.085
504	0.086
505	0.088
506	0.089
507	0.091
508	0.093
509	0.094
510	0.096
511	0.097
512	0.099
513	0.102
514	0.109
515	0.111
516	0.112
517	0.114
518	0.115
519	0.115
520	0.116
521	0.118
522	0.120
523	0.121
524	0.122
525	0.122
526	0.123
527	0.123
528	0.124
529	0.124
530	0.125
531	0.125
532	0.125
533	0.124
534	0.124
535	0.125
536	0.126

537	0.126
538	0.127
539	0.128
540	0.129
541	0.129
542	0.131
543	0.131
544	0.133
545	0.135
546	0.136
547	0.137
548	0.138
549	0.139
550	0.139
551	0.140
552	0.141
553	0.141
554	0.142
555	0.142
556	0.142
557	0.142
558	0.142
559	0.142
560	0.143
561	0.143
562	0.143
563	0.143
564	0.143
565	0.143
566	0.143
567	0.143
568	0.143
569	0.143
570	0.142
571	0.142
572	0.142
573	0.142
574	0.141
575	0.141

576	0.142
577	0.142
578	0.141
579	0.141
580	0.140
581	0.139
582	0.137
583	0.135
584	0.115
585	0.117
586	0.151
587	0.151
588	0.151
589	0.152
590	0.152
591	0.152
592	0.152
593	0.153
594	0.153
595	0.153
596	0.153
597	0.153
598	0.154
599	0.154
600	0.153
601	0.153
602	0.153
603	0.154
604	0.154
605	0.154
606	0.154
607	0.155
608	0.154
609	0.154
610	0.154
611	0.155
612	0.155
613	0.155
614	0.155

615	0.155
616	0.155
617	0.155
618	0.156
619	0.156
620	0.157
621	0.158
622	0.158
623	0.159
624	0.159
625	0.160
626	0.160
627	0.161
628	0.161
629	0.161
630	0.161
631	0.162
632	0.162
633	0.162
634	0.162
635	0.161
636	0.161
637	0.162
638	0.161
639	0.161
640	0.161
641	0.161
642	0.160
643	0.160
644	0.160
645	0.160
646	0.160
647	0.159
648	0.159
649	0.159
650	0.158
651	0.158
652	0.157
653	0.157

654	0.157
655	0.156
656	0.156
657	0.155
658	0.154
659	0.154
660	0.154
661	0.153
662	0.153
663	0.153
664	0.153
665	0.153
666	0.153
667	0.154
668	0.155
669	0.155

670	0.156
671	0.157
672	0.158
673	0.160
674	0.161
675	0.163
676	0.165
677	0.167
678	0.171
679	0.173
680	0.175
681	0.178
682	0.180
683	0.182
684	0.184
685	0.186

686	0.188
687	0.189
688	0.190
689	0.190
690	0.190
691	0.190
692	0.189
693	0.188
694	0.186
695	0.184
696	0.182
697	0.180
698	0.178
699	0.166
700	0.163

LAMPIRAN D

SOURCE CODE PROGRAM FITTING MATLAB

Lampiran berikut berisi code dari matlab untuk program non linear least square fitting. Terdapat 2 macam source code, mydiffuse dan fitting, mydiffuse merupakan source code berisi persamaan diffuse dan fitting berisi program fitting.

```
function Refdif = mydiffuse(d)

% n = range lamda
% rmus = Ax^(-B)
% mua klorofil = d(1:n)
% mua intralipid = d(n+1:2*n)
% fraksi air = d(2*n+1)
% A = d(2*n+2)
% B = d(2*n+3)
% efisiensi fiber = d(2*n+4)

global x r a n muaw muaf
Refdif = zeros(1,n*length(r));

muaf = d(1:n) + d(n+1:2*n) + d(2*n+1).*muaw;
rmusf = d(2*n+2).*((x./1000).^-(d(2*n+3)));
%persamaan rmus intralipid dari Di Ninni 2011
mueff = sqrt(3.*muaf.*(muaf + rmusf));

for j=1:length(r)

clear all
close all
clc

global x n r a muaw muaf

% jarak source-detektor dalam cm
```

```

jarak = [0.1 0.2 0.3 0.4 0.5];

%Mengambil nilai Reflektansi phantom dari excel
datard = xlsread('Phantom.xlsx',6,'V33:Z303');

%n : rentang panjang gelombang
%C : banyak titik pengukuran
[n, C] = size(datard);
x = 430:700; %lamda
% r = jarak(1:C);
r = jarak;

for i=1:C
    Refdif(1+(i-1)*n:i*n) = datard(:,i)';
end

muaw = xlsread('Phantom.xlsx',4,'B3:B273')';
a = 3.959;

%% Memulai Fitting
% ub adalah penentuan batas atas
% lb adalah penentuan batas bawah
% f0 adalah asumsi nilai awal parameter
% rmus = Ax^(-B)
% mua chlorophyll = d(1:n) (rentang data)
% mua intralipid = d(n+1:2*n) (rentang data)
% fraksi air = d(2*n+1)
% A = d(2*n+2)
% B = d(2*n+3)
% efisiensi fiber = d(2*n+3)

f0 = [0.0001*ones(1,n) 0.01*ones(1,n) 0.95 3
2 50];
ub = [1*ones(1,n) 0.1*ones(1,n) 1 10 10 100];
lb = [0.0001*ones(1,n) 0*ones(1,n) 0 0 1 0];

%Anonymous function untuk menghitung selisih
hasil "pengukuran" dan fitting
fun = @(d) (mydiffuse(d)-Refdif);

```

```

options =
optimset('MaxFunEvals',10000*n,'MaxIter',50000);

%Fitting
[d,resnorm] = lsqnonlin(fun,f0,lb,ub,options);
d = lsqnonlin(fun,f0,lb,ub,options);
%% Menampilkan Data
figure(1)
p=0;
Rdfit = mydiffuse(d);

for j=1:length(r)
    p=p+1;
    subplot(1,length(r),p)
    plot(x,Refdif(1+(p-
1)*n:p*n),'b',x,Rdfit(1+(p-1)*n:p*n),'r')
    % ylim ([ 0.5 0.82])
    xlabel(sprintf('Panjang gelombang
(nm)'))
    ylabel(sprintf('Reflektansi difus'))
    title(sprintf('Jarak s-d %.2f
cm',r(j)));
    legend('R','Rfit');
    SStot = sum((Refdif(1+(p-1)*n:p*n) -
mean(Refdif(1+(p-1)*n:p*n))).^2);
    SSres = sum((Refdif(1+(p-1)*n:p*n) -
Rdfit(1+(p-1)*n:p*n)).^2);
    r2 = 1-(SSres/SStot);
    text(500, max(Rdfit(1+(p-
1)*n:p*n))/1,sprintf('R^2 =
%.3f',r2),'HorizontalAlignment','Center');
end

figure(2)
muachlo = d(1:n);
plot(x,muachlo,'c');
xlabel(sprintf('Panjang Gelombang (nm)'))
ylabel(sprintf('Koefisien Absorbansi (cm^-1)'))
title('Koefisien Absorbansi Klorofil');

```

```
legend('location','southwest')
```

```
figure(3)
```

```
muaintra = d(n+1:2*n);  
plot(x,muaintra,'m');  
xlabel(sprintf('Panjang Gelombang (nm)'))  
ylabel(sprintf('Koefisien Absorbansi (cm-1)'))  
title('Koefisien Absorbansi Intralipid');  
legend('location','southwest')
```

```
figure(4)
```

```
muaw = muaw.*d(2*n+1);  
plot(x,muaw,'y');  
xlabel(sprintf('Panjang Gelombang (nm)'))  
ylabel(sprintf('Koefisien Absorbansi (cm-1)'))  
title('Koefisien Absorbansi Air');  
legend('location','southwest')
```

```
figure(5)
```

```
plot(x,muaf,'k');  
xlabel(sprintf('Panjang Gelombang (nm)'))  
ylabel(sprintf('mua (cm-1)'))  
title('Koefisien Absorbansi Total');  
legend('Koefisien Absorbansi Total');  
legend('location','southwest')
```

```
%Menampilkan nilai parameter
```

```
fprintf('Konsentrasi air %f \n',d(2*n+1));  
fprintf('rmus(x) = %fx^(-%f)\n',d(2*n+2),d(2*n+3));  
fprintf('Efisiensi fiber %f \n',d(2*n+4));  
fprintf('Mua klorofil %f \n',d(1:n));  
fprintf('Mua intralipid %f \n',d(n+1:2*n));
```


BIODATA PENULIS



Penulis bernama Wilda Prihasty. Penulis lahir di Surabaya pada tanggal 2 Juni 1996. Penulis menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SDN Menanggal 601 Surabaya, menempuh pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 22 Surabaya, menempuh pendidikan sekolah menengah atas di SMA Negeri 15 Surabaya kemudian melanjutkan perguruan tinggi di Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya sejak tahun 2014 hingga saat ini. Penulis mengambil bidang minat Rekayasa Fotonika.