

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kopi

Tanaman kopi merupakan kelompok tumbuhan berbentuk pohon dalam marga *Coffea*. Tanaman ini tumbuh tegak, bercabang dan dapat mencapai tinggi 12 m (Danarti & Najiyati, 1999). di samping merupakan salah satu komoditas unggulan yang dikembangkan di Jawa Barat. Sudah hampir tiga abad kopi diusahakan penanamannya di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan konsumsi di dalam negeri dan luar negeri. Lebih dari 90% tanaman kopi diusahakan oleh rakyat.

Genus ini memiliki sekitar 100 spesies tanaman tetapi hanya 3 jenis yang memiliki nilai ekonomis bagi manusia sehingga dibudidayakan oleh masyarakat, yaitu Robusta, Arabica dan Liberica. Kedua jenis tanaman kopi yakni, Robusta & Arabica, umumnya dibudidayakan di Indonesia. (Danarti & Najiyati, 1999).

Kedudukan taksonomi kopi adalah sebagai berikut:

- Kerajaan : Plantae
- Divisi : Magnoliophyta
- Kelas : Magnoliopsida
- Ordo : Gentianacea
- Famili : Rubiaceae
- Genus : *Coffea*
- Spesies : *Coffea Arabica*, *Coffea robusta*, *Coffea liberica*



Gambar 1. Tanaman Kopi  
Sumber : Anonim<sup>1</sup>, 2015

## 2.2 Antioksidan

Antioksidan adalah zat yang dapat melawan pengaruh bahaya dari radikal bebas atau *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang terbentuk sebagai hasil dari metabolisme oksidatif yaitu hasil dari reaksi-reaksi kimia dan proses metabolik yang terjadi dalam tubuh. Menurut Supari (1995), radikal bebas adalah sebuah molekul yang memiliki satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan pada 9 orbital kulit terluarnya dan terbentuk melalui dua cara yaitu secara endogen (sebagai respon normal dari peristiwa biokimia dalam tubuh) dan secara eksogen (radikal bebas didapat dari polusi yang berasal dari luar tubuh dan bereaksi di dalam tubuh melalui pernafasan, pencernaan, injeksi, dan penyerapan kulit). Antioksidan dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu antioksidan sintetis dan antioksidan alami. Antioksidan sintetis adalah antioksidan yang diperoleh dari hasil sintesa reaksi kimia. Beberapa contohnya adalah Butil Hidroksi Anisol (BHA) (Underwood, 1981). Adapun senyawa antioksidan alami adalah senyawa antioksidan yang diperoleh dari hasil ekstraksi bahan alami seperti tumbuh-tumbuhan. Antioksidan alami antara lain tokoferol. Antioksidan alami yang paling banyak ditemukan dalam minyak nabati adalah tokoferol yang mempunyai keaktifan vitamin E dan terdapat dalam bentuk  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -tokoferol. Charalampos *et al.* (2008) menambahkan senyawa kimia lainnya

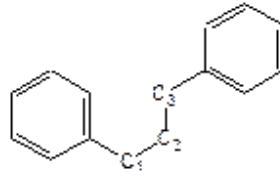
yang tergolong antioksidan dan berasal dari tumbuhan adalah golongan flavonoid dan polifenol (Ahmad Fuazi, 2014).

### **2.3 Senyawa Flavonoid**

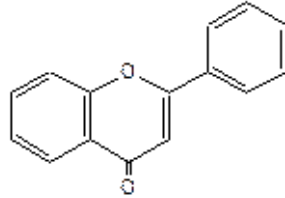
Senyawa flavonoid adalah suatu kelompok fenol yang terbesar yang ditemukan di alam. Senyawa-senyawa ini merupakan zat warna merah, ungu dan biru dan sebagai zat warna kuning yang ditemukan dalam tumbuh-tumbuhan. Flavonoid merupakan pigmen tumbuhan dengan warna kuning, kuning jeruk, dan merah dapat ditemukan pada buah, sayuran, kacang, biji, batang, bunga, herba, rempah-rempah, serta produk pangan dan obat dari tumbuhan seperti minyak zaitun, teh, cokelat, anggur merah, dan obat herbal.

Flavonoid adalah sekelompok besar senyawa polifenol tanaman yang tersebar luas dalam berbagai bahan makanan dan dalam berbagai konsentrasi. Komponen tersebut pada umumnya terdapat dalam keadaan terikat atau terkonjugasi dengan senyawa gula. Lebih dari 4000 jenis flavonoid telah diidentifikasi dan beberapa di antaranya berperan dalam pewarnaan bunga, buah, dan daun. Dalam tumbuhan, aglikon flavonoid (yaitu flavonoid tanpa gula terikat) terdapat dalam berbagai bentuk struktur.

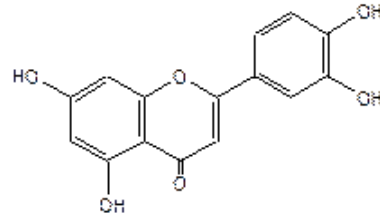
Flavonoid merupakan kelompok senyawa fenolik terbesar yang ditemukan di alam dan berasal dari tumbuhan tingkat tinggi. Flavonoid mempunyai kerangka dasar dengan 15 atom karbon, dimana dua cincin benzen ( $C_6$ ) terikat pada satu rantai propan ( $C_3$ ) sehingga membentuk suatu susunan ( $C_6-C_3-C_6$ ) dengan struktur 1,3-diarilpropan. Senyawa-senyawa flavonoid terdiri dari beberapa jenis, bergantung pada tingkat oksidasi rantai propan dari sistem 1,3-diarilpropan (Ahmad Fuazi, 2014).



Gambar 2 Struktur Flavonoid  
Anonim<sup>2</sup>, 2011



Gambar 3. Struktur Flavon  
Anonim<sup>2</sup>, 2011



Gambar 4. Struktur Kuersetin  
Anonim<sup>2</sup>, 2011

## 2.4 Spektrofotometri

Spektrofotometri merupakan salah satu metode analisis instrumental yang menggunakan dasar interaksi energi dan materi. Spektrofotometri dapat dipakai untuk menentukan konsentrasi suatu larutan melalui intensitas serapan pada panjang gelombang tertentu. Panjang gelombang yang dipakai adalah panjang gelombang maksimum yang memberikan absorbansi maksimum. Salah satu prinsip kerja spektrofotometer didasarkan pada fenomena penyerapan sinar oleh spesi kimia tertentu di daerah ultra violet dan sinar tampak (visible).

Spektrofotometri dapat digunakan untuk menganalisis konsentrasi suatu zat di dalam larutan berdasarkan absorbansi terhadap warna dari larutan pada panjang gelombang tertentu. Metode spektrofotometri memerlukan larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya. Larutan standarnya terdiri dari beberapa tingkat konsentrasi mulai yang rendah sampai konsentrasi tinggi (Khopkar,2003). Berikut merupakan spektrum cahaya tampak dan warna-warna komplementer:

Tabel 1. Spektrum cahaya tampak dan warna-warna komplementer

Panjang Gelombang (nm)	Warna	Warna Komplementer
400-435	Violet	Kuning-hijau
435-480	Biru	Kuning
480-490	Hijau-biru	Oranye

490-500	Biru-hijau	Merah
500-560	Hijau	Ungu
560-580	Kuning-hijau	Violet
580-595	Kuning	Biru
595-610	Oranye	Hijau-biru
610-750	Merah	Biru-hijau

(Sumber: Khopkar, 2003)

Spektrofotometri merupakan metode analisis yang didasarkan pada absorpsi radiasi elektromagnet. Cahaya terdiri dari radiasi terhadap mana mata manusia peka, gelombang dengan panjang berlainan akan menimbulkan cahaya yang berlainan sedangkan campuran cahaya dengan panjang-panjang ini akan menyusun cahaya putih. Cahaya putih meliputi seluruh spektrum nampak 400-760 nm. Spektrofotometri ini hanya terjadi bila terjadi perpindahan elektron dari tingkat energi yang rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi. (Ali,2005).

Keuntungan utama pemilihan metode spektrofotometri ini adalah bahwa metode ini memberikan metode sangat sederhana untuk menetapkan kuantitas zat yang sangat kecil. Spektrofotometri menyiratkan pengukuran jauhnya penyerapan energi cahaya oleh suatu sistem kimia itu sebagai suatu fungsi dari panjang gelombang radiasi, demikian pula pengukuran penyerapan yang menyendiri pada suatu panjang gelombang tertentu. Analisis spektrofotometri digunakan suatu sumber radiasi yang menyorok ke dalam daerah ultraviolet spektrum itu. Dari spektrum ini, dipilih panjang-panjang gelombang tertentu dengan lebar pita kurang dari 1 nm. (Sastrohamidjojo,1999).

Adapun jenis-jenis spektrofotometri, yaitu :

1. Spektrofotometri Infra Merah

Spektrofotometri Infra Red atau Infra Merah merupakan suatu metode yang mengamati interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik yang berada pada daerah panjang gelombang 0,75 – 1.000  $\mu\text{m}$  atau pada Bilangan Gelombang 13.000 – 10  $\text{cm}^{-1}$ .

2. Spektrofotometri Raman

Interaksi Radiasi Elektro Magnetik (REM) .Apabila media transparan tersebut mengandung hanya partikel dengan ukuran dimensi atom (permukaan 0,01  $\text{A}^2$ ) maka akan

terjadi percikan radiasi dengan intensitas yang sangat lemah. Radiasi hamburan tersebut dikenal dengan hamburan *Rayleigh*.

### 3. Spektrofotometri Fluorescensi dan Fosforescensi

Suatu zat yang berinteraksi dengan radiasi, setelah mengabsorpsi radiasi tersebut, bisa mengemisikan radiasi dengan panjang gelombang yang umumnya lebih besar daripada panjang gelombang radiasi yang diserap. Fenomena tersebut disebut *foto luminensi* yang mencakup dua jenis yaitu *fluoresensi* dan *fosforesensi*. Fluoresensi terjadi dalam selang waktu lebih pendek daripada fosforesensi.

### 4. Spektrofotometri Resonansi Magnetik Inti

Metode baru sebagai anggota baru teknik spektroskopi yang diberi nama "*Nuclear Magnetic Resonance (NMR)*". Para ilmuwan di Indonesia mempopulerkan metode ini dengan nama spektrofotometer Resonansi Magnet Inti (RMI). Spektrofotometri RMI sangat penting artinya dalam analisis kualitatif, khususnya dalam penentuan struktur molekul zat organik.

#### 2.4.1 Spektrofotometri Sinar Tampak (visible)

Cahaya atau sinar tampak adalah radiasi elektromagnetik yang terdiri dari gelombang. Seperti semua gelombang, kecepatan cahaya, panjang gelombang dan frekuensi dapat didefinisikan sebagai :

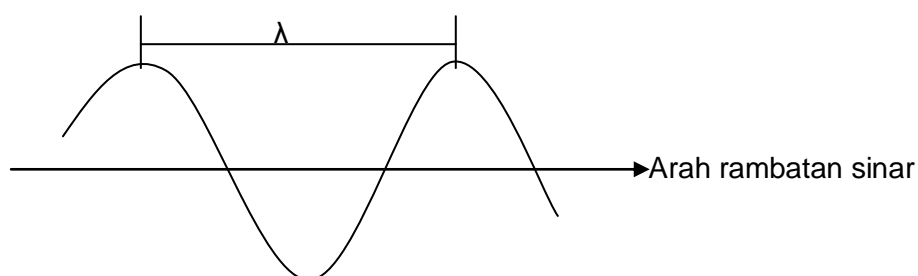
$$C = V \cdot \lambda$$

Dimana :

C = kecepatan cahaya (  $3 \times 10^8$  m/s)

V = frekuensi dalam gelombang per detik (Hertz)

$\lambda$  = panjang gelombang dalam meter

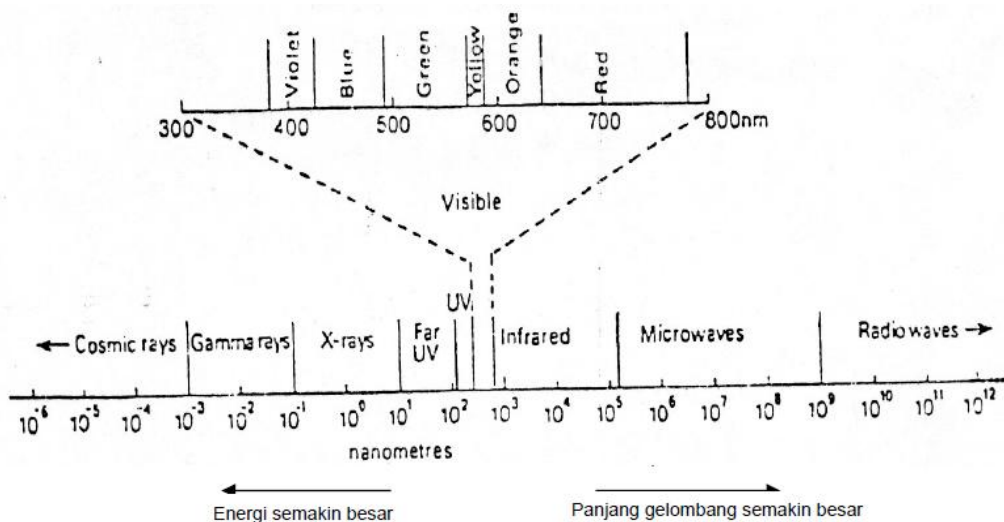


Gambar 5. Radiasi Elektromagnetik dengan panjang gelombang  $\lambda$

Cahaya/ sinar tampak terdiri dari suatu bagian sempit kisaran panjang gelombang dari radiasi elektromagnetik dimana mata manusia sensitif. Radiasi dari panjang gelombang yang berbeda ini dirasakan oleh mata kita sebagai warna yang berbeda, sedangkan campuran dari semua panjang gelombang tampak seperti sinar putih. Sinar putih memiliki panjang gelombang mencakup 400-760 nm ( nm). Perkiraan panjang gelombang dari berbagai warna adalah sebagai berikut :

Ultraviolet	<400 nm
Violet	400 – 450 nm
Biru	450 – 500 nm
Hijau	500 – 570 nm
Kuning	570 – 590 nm
Oranye	590 – 620 nm
Merah	620 – 760 nm
Infra Merah	>760 nm

Spektrometri molekular (baik kualitatif dan kuantitatif) bisa dilaksanakan di daerah sinar tampak, sama halnya seperti di daerah yang sinar ultraviolet dan daerah sinar inframerah.



Gambar 6. Spektrum gelombang elektromagnetik lengkap

Persepsi visual tentang warna dibangkitkan dari penyerapan selektif panjang gelombang tertentu pada peristiwa penyinaran obyek berwarna. Sisa panjang gelombang dapat diteruskan (oleh obyek transparan) atau dipantulkan (oleh obyek yang buram) dan dilihat oleh mata sebagai warna dari pancaran atau pantulan cahaya. Oleh karena itu obyek biru tampak berwarna biru sebab telah menyerap sebagian dari panjang gelombang dari cahaya dari daerah oranye-merah. Sedangkan obyek yang merah tampak merah sebab telah menyerap sebagian dari panjang gelombang dari daerah ultraviolet-biru.

Bagaimanapun, di dalam spektrometri molekul tidak berkaitan dengan warna dari suatu senyawa, yaitu warna yang dipancarkan atau pantulkan, namun berkaitan dengan warna yang telah dipindahkan dari spektrum, seperti panjang gelombang yang telah diserap oleh suatu unsur di dalam suatu larutan.

Energi gelombang seperti bunyi dan air ditentukan oleh amplitudo dari getaran (misal tinggi gelombang air) tetapi dalam radiasi elektromagnetik energi

ditentukan oleh frekuensi  $\nu$ , dan quantized, terjadi hanya pada tingkatan tertentu :

$$E = h \cdot \nu$$

dimana :  $h$  = konstanta Planck,  $6,63 \times 10^{-34}$  J.s

Tabel 2. Panjang gelombang berbagai warna cahaya

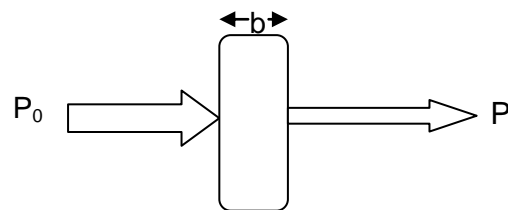
$\lambda$ (nm)	Warna yang teradsorbsi	Warna tertransmisi *) (komplemen)
400-435	Violet	Hijau-Kuning
435-480	Biru	Kuning
480-490	Biru-Hijau	Oranye
490-500	Hijau-Biru	Merah
500-560	Hijau	Ungu
560-580	Hijau-Kuning	Violet
580-595	Kuning	Biru
595-650	Oranye	Biru-Hijau
650-760	Merah	Hijau-Biru

\*) Warna Larutannya

#### 2.4.2 Hukum Fotometri (Lambert-Beer)

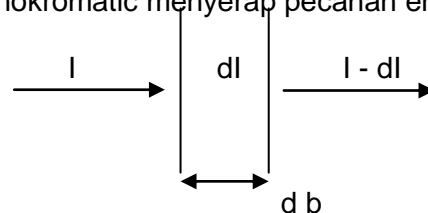


Metode analisa kuantitatif didasarkan pada absorpsi radiasi oleh suatu unsure yang mengabsorpsi dan melibatkan pengukuran intensitas cahaya atau kekuatan radiasi. Kita sekarang mempertimbangkan faktor yang mempengaruhi kekuatan radiasi dari cahaya yang dipancarkan melalui media absorpsi. Anggap ketebalan sel absorpsi  $b$  dan konsentrasi  $c$ . Suatu berkas cahaya dari radiasi monokromatik (yaitu panjang gelombang yang tunggal) dari kekuatan radiant  $I_0$  dalam larutan, dan suatu berkas cahaya yang muncul dari kekuatan radiasi  $I$  dipancarkan oleh larutan.



Gambar 7. Absorpsi oleh larutan pada konsentrasi  $c$

Kenaikan berurutan pada jumlah molekul absorbing yang identik di alur berkas cahaya dari radiasi monokromatic menyerap pecahan energi radiasi yang sama.



Gambar 8. Penurunan intensitas radiasi dengan bertambahnya ketebalan larutan

Jika penambahan ketebalan dari alur adalah  $db$  dan penurunan kekuatan radiasi yang melewati ketebalan adalah  $dl$  maka :

**$dl \propto I db$**   
**yaitu  $dl = -kldb$**

Integral dari total ketebalan  $b$

$$\int \frac{dl}{I} = \int -kdb$$

yaitu  $\ln I = -kb + w$

Sekarang jika :  $b = 0$  ,  $I = I_0$

$$\text{jadi } w = \ln I_0$$

$$\text{jadi } \ln I = -kb + \ln I_0$$

$$\text{yaitu } \ln \frac{I}{I_0} = -kb$$

Hukum ini dikenal sebagai Hukum Lambert dan menghubungkan ketebalan dari sel sampel (kuvet) pada perbandingan kekuatan radiasi berkas cahaya yang masuk dan berkas cahaya yang keluar, dan menyatakan "*Ketika radiasi monokromatik lewat melalui suatu medium yang transparan yang berisi suatu unsur absorbing, tingkat penurunan kekuatan radiasi dengan ketebalan dari medium adalah setara dengan kekuatan radian dari suatu radiasi*". Dengan alasan yang sama, untuk perubahan penambahan konsentrasi dari unsur absorbing dc.

$$\ln \frac{I}{I_0} = -k'c$$

Hukum ini disebut Hukum *Lambert-Beer*, dan berlaku untuk unsur yang menyerap cahaya dengan menghubungkan konsentrasi dari jenis absorbing pada perbandingan kekuatan radiant berkas cahaya yang masuk dan yang keluar, "*Ketika radiasi monokromatik lewat melalui suatu medium yang transparan yang berisi suatu unsur absorbing, tingkat penurunan kekuatan radian dengan konsentrasi jenis unsur absorbing adalah sebanding dengan kekuatan radian dari suatu radiasi*". Hukum Lambert dan Hukum Lambert-Beer biasanya dikombinasikan dalam suatu hubungan tunggal sebagai dasar untuk semua penentuan kuantitatif.

$$\ln \frac{I}{I_0} = -K b c \text{ (dimana } K \text{ adalah } k \text{ dan } k')$$

$$\log_{10} \frac{I}{I_0} = -\frac{1}{2,303} K b c$$

$$\log_{10} \frac{I_0}{I} = a b c$$

Ini disebut Hukum Lambert-Beer. Hukum ini hanya berlaku untuk radiasi monokromatik.

Karena jumlah kekuatan radiant  $I_0$  dan  $I$  merupakan sebuah perbandingan, ada beberapa unit yang mungkin digunakan. Jika ketebalan, yang disebut panjang sample dalam bentuk centimeter dan konsentrasi,  $c$  dalam gram unsur absorbing per satu liter larutan, kemudian konstanta  $a$  disebut absorptivitas (kadang disebut koefisien peluruhan)

Biasanya,  $c$  ditetapkan dalam konsentrasi molar, dengan  $b$  dalam sentimeter. Dalam hal ini Hukum Lambert-Beer ditulis sebagai :

$$\log \frac{I_0}{I} = \epsilon b c$$

dimana  $\epsilon$  disebut absorptivitas molar (atau disebut koefisien peluruhan). Absorptivitas molar memiliki satuan  $L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$ .

Jumlah  $\log (I_0/I)$  didefinisikan sebagai absorbansi dan diberi simbol  $A$ , sehingga Hukum Lambert-Beer umumnya ditulis sebagai :

$$A = \epsilon b c$$

Spektrofotometer modern dikalibrasi secara langsung dalam satuan absorbansi. (Dalam beberapa buku lama  $\log I_0/I$  disebut densitas optik dan  $I$  digunakan sebagai ganti simbol  $P$ ). Perbandingan  $I/I_0$  disebut transmitans ( $T$ ), dan beberapa instrumen disajikan dalam % transmitans,  $( I/I_0 ) \times 100$ . Sehingga hubungan absorbansi dan transmitans dapat ditulis sebagai :

$$A = - \log T$$

Dengan menggunakan beberapa instrumen, hasil pengukuran tercatat sebagai 56 transmitansi dan absorbansi dihitung dengan menggunakan rumus tersebut. Dari pembahasan di atas dapat dikatakan bahwa konsentrasi dari suatu unsur berwarna harus

sebanding dengan intensitas warna larutan. Ini adalah dasar pengukuran yang menggunakan pembandingan visual di mana intensitas warna dari suatu larutan dari suatu unsur yang konsentrasinya tidak diketahui dibandingkan dengan intensitas warna dari sejumlah larutan yang diketahui konsentrasinya.