

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Spektrofotometri

2.1.1. Pengertian Spektrofotometri

Spektrofotometri adalah ilmu yang mempelajari tentang metode-metode untuk menghasilkan dan menganalisis spektrum. Interpretasi spektrum yang dihasilkan dapat digunakan untuk analisis unsur kimia, meneliti arus energi atom dan molekul, meneliti struktur molekul, dan untuk menentukan komposisi dan gerak benda-benda langit (Danusantoso, 1995: 409).

Dikenal dua kelompok utama spektroskopi, yaitu spektroskopi atom dan spektroskopi molekul. Dasar dari spektroskopi atom adalah tingkat energi elektron terluar suatu atom atau unsur, sedang dasar dari spektroskopi molekul adalah tingkat energi molekul yang melibatkan energi elektronik, vibrasi, dan rotasi. Berdasarkan sinyal radiasi elektromagnetik, spektroskopi dibagi menjadi empat golongan yaitu spektroskopi absorpsi, spektroskopi emisi, spektroskopi *scattering*, dan spektroskopi fluoresensi. Pada spektroskopi absorpsi, terdapat beberapa tipe metode spektroskopi berdasarkan sifat radiasinya, yaitu spektroskopi absorpsi atom (nyala), absorpsi atom (tanpa nyala) dan absorpsi sinar-x. Pada spektroskopi emisi, terdapat beberapa tipe metode spektroskopi yaitu arc spark, plasma argon, emisi atom atau emisi nyala dan emisi sinar-x. Alat untuk mengukur panjang gelombang cahaya secara akurat dengan menggunakan kisi difraksi atau prisma untuk memisahkan panjang gelombang yang berbeda disebut spektrometer.

Jenis spektrometer antara lain adalah spectrometer sinar tampak, spektrometer ultra-ungu, spektrometer infra-merah, spektrometer resonansi magnet inti, spektrometer serapan, spektrometer massa, dan spektrometer fluoresensi. Perbedaan dari jenis spektrometer tersebut terletak pada sumber cahaya atau sampel yang disesuaikan dengan apa yang akan diteliti. Pada spektrometer sinar tampak, contohnya pada serapan cahaya dari radiasi panas plasma, sumber cahaya plasma difokuskan oleh lensa pemfokus dan diterima monokromator, kemudian dipilih panjang gelombang yang sesuai dengan mengatur selektor panjang gelombang, dan pada saat yang tepat ada cahaya keluaran yang ditangkap fotodiode kemudian sinyal dari fotodiode diteruskan ke osiloskop. Fotodiode yang digunakan sekiranya yang cocok dengan panjang gelombang cahaya dari sumber cahaya plasma tersebut (Widdi Usada, 2009: 1).

Komponen-komponen pokok spektrometer terdiri dari empat bagian penting yaitu sumber radiasi/cahaya, monokromator, tempat cuplikan (kuvet), dan detektor. Sumber radiasi adalah suatu sumber energi yang memancarkan pancaran radiasi elektromagnetik, sedangkan monokromator adalah alat yang paling umum dipakai untuk menghasilkan berkas radiasi dengan satu panjang gelombang. Monokromator untuk radiasi ultra violet, sinar tampak dan infra merah adalah serupa, yaitu mempunyai celah (*slit*), lensa, cermin, dan prisma atau *grating*. Terdapat dua macam monokromator yaitu monokromator prisma bunsen dan monokromator *grating* Czerny-Turney.

2.1.2. Spektrofotometri Sinar Tampak (*visible*)

Spektrofotometri visible disebut juga spektrofotometri sinar tampak. Yang dimaksud sinar tampak adalah sinar yang dapat dilihat oleh mata manusia. Cahaya yang dapat dilihat oleh mata manusia adalah cahaya dengan panjang gelombang 400-800 nm dan memiliki energi sebesar 299–149 kJ/mol. Elektron pada keadaan normal atau berada pada kulit atom dengan energi terendah disebut keadaan dasar (*ground-state*). Energi yang dimiliki sinar tampak mampu

membuat elektron tereksitasi dari keadaan dasar menuju kulit atom yang memiliki energi lebih tinggi atau menuju keadaan tereksitasi.

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

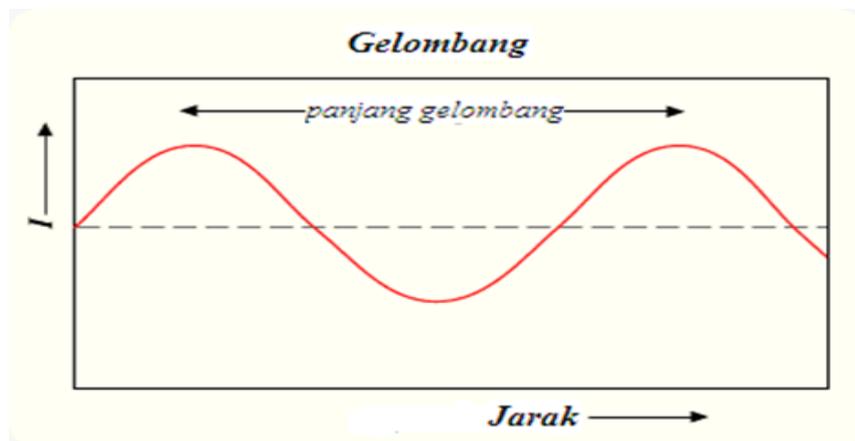
$$C = v \cdot \lambda$$

Dimana :

C = Kecepatan cahaya

v = Frekuensi dalam gelombang per detik (Hertz)

λ = Panjang gelombang dalam meter



Gambar 1. Radiasi Elektromagnetik dengan panjang gelombang λ

Benda bercahaya seperti matahari atau bohlam listrik memancarkan spectrum lebar yang tersusun dari panjang gelombang. Panjang gelombang yang dikaitkan dengan cahaya tampak itu mampu mempengaruhi selaput pelangi manusia yang mampu menimbulkan kesan subyektif akan ketampakan (*visible*). (A.L.Underwood dan R.A.Day Jr,1986).

Cahaya /sinar tampak terdiri dari suatu bagian sempit kisaran panjang gelombang dari radiasi elektromagnetik dimana mata manusia sensitive. Radiasi dari panjang gelombang yang berbeda ini dirasakan oleh mata kita sebagai warna berbeda, sedangkan campuran dari semua panjang gelombang tampak

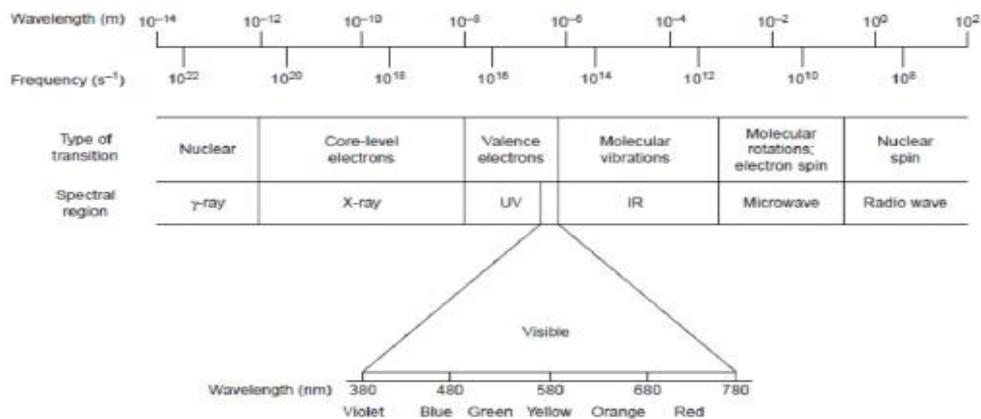
seperti sinar putih. Panjang gelombang dari berbagai warna adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Panjang gelombang untuk setiap jenis warna

Jenis Sinar	Panjang Gelombang (nm)
Ultraviolet	< 400
Violet	400-450
Biru	450-500
Hijau	500-570
Kuning	570-590
Oranye	590-620
Merah	620-760
Infra merah	>760

(Sumber : Underwood, 2002)

Spektrometri molekular (baik kualitatif dan kuantitatif) bisa dilaksanakan di daerah sinar tampak.



Gambar 2. Spektrum gelombang elektromagnetik lengkap

(Sumber : Harvey,2000)

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 ν , 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

λ (nm)	warna yang teradsorpsi	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

(Sumber : Underwood, 2002)

2.1.3. Hukum Lambert Beer

Menurut Hukum Lambert, serapan berbanding lurus terhadap ketebalan sel (b) yang disinari, dengan bertambahnya sel, maka serapan akan bertambah.

$$A = k \cdot b$$

Menurut Beer, yang berlaku untuk radiasi monokromatis dalam larutan yang sangat encer, serapan berbanding lurus dengan konsentrasi.

$$A = k \cdot c$$

Jika konsentrasi bertambah, jumlah molekul yang dilalui berkas sinar akan bertambah, sehingga serapan juga bertambah. Kedua persamaan ini digabungkan dalam Hukum Lambert-Beer, maka diperoleh bahwa serapan berbanding lurus dengan konsentrasi dan ketebalan sel yang dapat ditulis dengan persamaan :

$$A = k.c.b$$

Umumnya digunakan dua satuan c (konsentrasi zat yang menyerap) yang berlainan, yaitu gram per liter atau mol per liter. Nilai tetapan (k) dalam hukum Lambert-Beer tergantung pada sistem konsentrasi mana yang digunakan. Bila c dalam gram per liter, tetapan disebut dengan absorptivitas (a) dan bila dalam mol per liter, tetapan tersebut adalah absorptivitas molar (ϵ). Jadi dalam sistem dikombinasikan, hukum Lambert-Beer dapat dinyatakan dalam rumus berikut:

$$A = a.b.c \text{ (g/liter) atau } A = \epsilon . b . c \text{ (mol/liter)}$$

Dimana:

A = serapan

a = absorptivitas

b = ketebalan sel

c = konsentrasi

ϵ = absorptivitas molar

Hukum Lambert-Beer menjadi dasar aspek kuantitatif spektrofotometri dimana konsentrasi dapat dihitung berdasarkan rumus di atas. Absorptivitas (a) merupakan konstanta yang tidak tergantung pada konsentrasi, tebal kuvet dan intensitas radiasi yang mengenai larutan sampel. Absorptivitas tergantung pada suhu, pelarut, struktur molekul, dan panjang gelombang radiasi (Day and Underwood, 1999; Rohman, 2007). Menurut Roth dan Blaschke (1981), absorptivitas spesifik juga sering digunakan untuk menggantikan absorptivitas. Harga ini, memberikan serapan larutan 1 % (b/v) dengan ketebalan sel 1 cm, sehingga dapat diperoleh persamaan:

$$A = A_1^1 \cdot b \cdot c$$

Dimana:

A_1^1 = absorptivitas spesifik

b = ketebalan sel

c = konsentrasi senyawa terlarut (g/100ml larutan)

2.1.4. Proses Absorpsi Cahaya pada Spektrofotometri

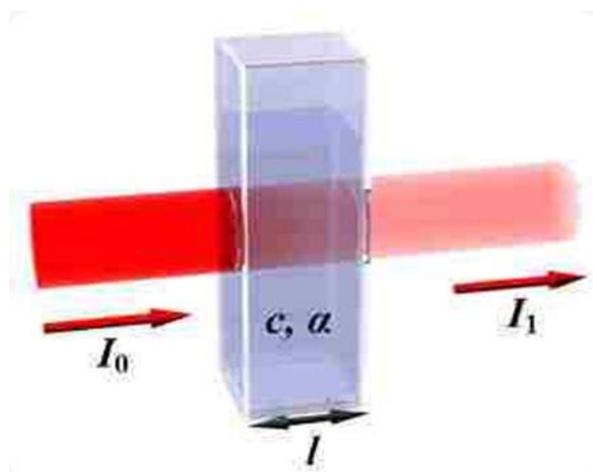
Ketika cahaya dengan panjang berbagai panjang gelombang (cahaya polikromatis) mengenai suatu zat, maka cahaya dengan panjang gelombang tertentu saja yang akan diserap. Di dalam suatu molekul yang memegang peranan penting adalah elektron valensi dari setiap atom yang ada hingga terbentuk suatu materi. Elektron-elektron yang dimiliki oleh suatu molekul dapat berpindah (eksitasi), berputar (rotasi) dan bergetar (vibrasi) jika dikenai suatu energi.

Jika zat menyerap cahaya tampak dan ultraviolet maka akan terjadi perpindahan elektron dari keadaan dasar menuju ke keadaan tereksitasi. Perpindahan elektron ini disebut transisi elektronik. Apabila cahaya yang diserap

adalah cahaya inframerah maka elektron yang ada dalam atom atau elektron ikatan pada suatu molekul dapat hanya akan bergetar (vibrasi). Sedangkan gerakan berputar elektron terjadi pada energi yang lebih rendah lagi misalnya pada gelombang radio.

Atas dasar inilah spektrofotometri dirancang untuk mengukur konsentrasi yang ada dalam suatu sampel. Dimana zat yang ada dalam sel sampel disinari dengan cahaya yang memiliki panjang gelombang tertentu. Ketika cahaya mengenai sampel sebagian akan diserap, sebagian akan dihamburkan dan sebagian lagi akan diteruskan.

Pada spektrofotometri, cahaya datang atau cahaya masuk atau cahaya yang mengenai permukaan zat dan cahaya setelah melewati zat tidak dapat diukur, yang dapat diukur adalah I_t/I_0 atau I_0/I_t (perbandingan cahaya datang dengan cahaya setelah melewati materi (sampel)). Proses penyerapan cahaya oleh suatu zat dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar Proses penyerapan cahaya oleh zat dalam sel sampel. dari gambar terlihat bahwa zat sebelum melewati sel sampel lebih terang atau lebih banyak di banding cahaya setelah melewati sel sampelCahaya yang

diserap diukur sebagai absorbansi (A) sedangkan cahaya yang hamburkan diukur sebagai transmitansi (T), dinyatakan dengan hukum Lambert-Beer atau Hukum Beer, berbunyi: “jumlah radiasi cahaya tampak (ultraviolet, inframerah dan sebagainya) yang diserap atau ditransmisikan oleh suatu larutan merupakan suatu fungsi eksponen dari konsentrasi zat dan tebal larutan”.

Berdasarkan hukum Lambert-Beer, rumus yang digunakan untuk menghitung banyaknya cahaya yang dihamburkan:

$$T = \frac{I_t}{I_0} \text{ atau } \% T = \frac{I_t}{I_0} \times 100 \%$$

Dan absorbansi dinyatakan dengan rumus:

$$A = -\log T = -\log \frac{I_t}{I_0}$$

Dimana I_0 merupakan intensitas cahaya datang dan I_t atau I_1 adalah intensitas cahaya setelah melewati sampel.

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 % 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. (Kusnanto Mukti, 2000)

Secara eksperimen hukum Lambert-beer akan terpenuhi apabila peralatan yang digunakan memenuhi kriteria-kriteria berikut:

1. Sinar yang masuk atau sinar yang mengenai sel sampel berupa sinar dengan dengan panjang gelombang tunggal (monokromatis).
2. Penyerapan sinar oleh suatu molekul yang ada di dalam larutan tidak dipengaruhi oleh molekul yang lain yang ada bersama dalam satu larutan.
3. Penyerapan terjadi di dalam volume larutan yang luas penampang (tebal kuvet) yang sama.
4. Penyerapan tidak menghasilkan pemancaran sinar pendafluor. Artinya larutan yang diukur harus benar-benar jernih agar tidak terjadi hamburan cahaya oleh partikel-partikel koloid atau suspensi yang ada di dalam larutan.
5. Konsentrasi analit rendah. Karena apabila konsentrasi tinggi akan mengganggu kelinearan grafik absorbansi versus konsentrasi.

(Anonim, 2015)

2.1.5. Peralatan Untuk Spektrofotometri

Dalam analisis spektrofotometri digunakan suatu sumber radiasi yang masuk ke dalam daerah spektrum ultraviolet itu. Dari spektrum ini, dipilih panjang-panjang gelombang tertentu dengan lebar pita kurang dari 1 nm. Proses ini menggunakan instrumen yang disebut spektrofotometer. Alat ini terdiri dari spektrometer yang menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang

gelombang tertentu dan fotometer sebagai alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang diabsorpsi (Bassett, 1994; Khopkar, 1990).

Unsur -unsur terpenting suatu spektrofotometer adalah sebagai berikut:

1. Sumber-sumber lampu: lampu deuterium digunakan untuk daerah UV pada panjang gelombang dari 190-350 nm, sementara lampu halogen kuarsa atau lampu tungsten digunakan untuk daerah visibel pada panjang gelombang antara 350- 900 nm.
2. Monokromator: digunakan untuk memperoleh sumber sinar yang monokromatis. Alatnya dapat berupa prisma maupun grating. Untuk mengarahkan sinar monokromatis yang diinginkan dari hasil penguraian.
3. Kuvet (sel): digunakan sebagai wadah sampel untuk menaruh cairan ke dalam berkas cahaya spektrofotometer. Kuvet itu haruslah meneruskan energi radiasi dalam daerah spektrum yang diinginkan. Pada pengukuran di daerah tampak, kuvet kaca atau kuvet kaca corex dapat digunakan, tetapi untuk pengukuran pada daerah ultraviolet harus menggunakan sel kuarsa karena gelas tidak tembus cahaya pada daerah ini. Kuvet tampak dan ultraviolet yang khas mempunyai ketebalan 1 cm, namun tersedia kuvet dengan ketebalan yang sangat beraneka, mulai dari ketebalan kurang dari 1 mm sampai 10 cm bahkan lebih.
4. Detektor: berperan untuk memberikan respon terhadap cahaya pada berbagai panjang gelombang.
5. Suatu amplifier (penguat) dan rangkaian yang berkaitan yang membuat isyarat listrik itu dapat dibaca.
6. Sistem pembacaan yang memperlihatkan besarnya isyarat listrik (Day and Underwood, 1981).

2.2. Ekstraksi

2.2.1. Pengertian Ekstraksi

Ekstraksi adalah suatu metoda operasi yang digunakan dalam proses pemisahan suatu komponen dari campurannya dengan menggunakan sejumlah massa bahan (solven) sebagai tenaga pemisah. Apabila komponen yang akan dipisahkan (solute) berada dalam fase padat, maka proses tersebut dinamakan pelindihan atau leaching. Proses pemisahan dengan cara ekstraksi terdiri dari tiga langkah dasar.

1. Proses penyampuran sejumlah massa bahan ke dalam larutan yang akan dipisahkan komponen – komponennya.
2. Proses pembantukan fase seimbang.
3. Proses pemisahan kedua fase seimbang.

Sebagai tenaga pemisah, solven harus dipilih sedemikian hingga kelarutannya terhadap salah satu komponen murninya adalah terbatas atau sama sekali tidak saling melarutkan. Karenanya, dalam proses ekstraksi akan terbentuk dua fase cairan yang saling bersinggungan dan selalu mengadakan kontak. Fase yang banyak mengandung diluen disebut fase rafinat sedangkan fase yang banyak mengandung solven dinamakan ekstrak.

Terbentuknya dua fase cairan, memungkinkan semua komponen yang ada dalam campuran terbesar dalam masing – masing fase sesuai dengan koefisien distribusinya, sehingga dicapai keseimbangan fisis.

Pemisahan kedua fase seimbang dengan mudah dapat dilakukan jika density fase rafinat dan fase ekstrak mempunyai perbedaan yang cukup. Tetapi jika density keduanya hampir sama proses pemisahan semakin sulit, sebab campuran tersebut cenderung untuk membentuk emulsi.

Komponen – komponen yang terdapat dalam larutan, menentukan jenis/macam solven yang digunakan dalam ekstraksi. Pada umumnya, proses ekstraksi tidak berdiri sendiri, tetapi melibatkan operasi – operasi lain seperti proses pemungutan kembali solven dari larutannya (terutama fase ekstrak), hingga dapat dimanfaatkan kembali sebagai tenaga pemisah. Untuk maksud tersebut, banyak cara yang dapat dilakukan misalnya dengan metode distilasi, pemanasan sederhana atau dengan cara pendinginan untuk mengurangi sifat kelarutannya.

2.2.2. Ekstraksi Cair-Cair

Proses pemisahan secara ekstraksi dilakukan jika campuran yang akan dipisahkan berupa larutan homogen (cair – cair) dimana titik didih komponen yang satu dengan komponen yang lain yang terdapat dalam campuran hampir sama atau berdekatan.

Pada proses pemisahan secara ekstraksi, fase cairan II segera terbentuk setelah sejumlah massa solven ditambahkan kedalam campuran (cairan I) yang akan dipisahkan. Sebelum campuran dua fase dipisahkan menjadi produk ekstrak dan produk rafinat, suatu usaha harus dilakukan dengan mempertahankan kontak antara fase cairan I dengan fase cairan II sedemikian hingga pada suhu dan tekanan tertentu campuran dua fase berada dalam kesetimbangan.

Jika antara solven dan diluen tidak saling melarutkan, maka sistem tersebut dikenal sebagai Ekstraksi Insoluble Liquid. Tetapi antar solven dan diluen sedikit saling melarutkan disebut Ekstraksi Soluble Liquid. Sebagai tenaga pemisah, solven harus memenuhi kriteria berikut :

1. Daya larut terhadap solute cukup besar.

2. Sama sekali tidak melarutkan dilun atau hanya sedikit melarutkan diluen.
3. Antara solvent dengan diluen harus mempunyai perbedaan density yang cukup.
4. Antara solven dengan solute harus mempunyai perbedaan titik dididih atau tekanan uap murni yang cukup.
5. Tidak beracun.
6. Tidak bereaksi baik terhadap solute maupun diluen.
7. Murah, mudah didapat.

2.3. Tomat

Tomat (*Lycopersicum esculentum*) merupakan salah satu produk hortikultura yang berpotensi, menyehatkan dan mempunyai prospek pasar yang cukup menjanjikan. Tomat, baik dalam bentuk segar maupun olahan, memiliki komposisi zat gizi yang cukup lengkap dan baik. Buah tomat terdiri dari 5-10% berat kering tanpa air dan 1 persen kulit dan biji. Jika buah tomat dikeringkan, sekitar 50% dari berat keringnya terdiri dari gula-gula pereduksi (terutama glukosa dan fruktosa), sisanya asam-asam organik, mineral, pigmen, vitamin dan lipid.

Tomat yang oleh para ahli botani disebut sebagai *Lycopersicum esculentum* Mill, Tomat termasuk tanaman setahun (*annual*) yang berarti umurnya hanya untuk satu kali periode panen. Tanaman ini berbentuk perdu atau semak dengan panjang bisa mencapai 2 meter. Secara taksonomi, tanaman tomat digolongkan sebagai berikut :

- Kingdom : *Plantae*
- Sub Kingdom : *Trachebionta*
- Divisi : *Magnoliophyta*

- Kelas : *Magnoliopsida*
- Sub Kelas : *Asteridae*
- Ordo : *Solanales*
- Famili : *Solanaceae*
- Genus : *Solanum*
- Species : *Solanum Lycopersicum*
- Nama Binomial : *lycopersicon esculentum L.*

Adapun kandungan Tomat dapat dilihat dari Tabel 1 berikut ini :

Tabel 3. Kandungan gizi buah tomat segar (matang) tiap 180 gram bahan.

nutrien	jumlah	Kebutuhan per hari (%)	Kepadatan nutrisi
Vitamin C	34,38 mg	57,3	27,3
Vitamin A	1121,40 IU	22,4	10,7
Vitamin K	14,22 mcg	18,8	8,5
molybdenum	9,00 mcg	12,0	5,7
Kalium	399,6 mg	11,4	5,4
Mangan	0,19 mg	9,5	4,5
Serat	1,98 g	7,9	3,8
Kromium	9,00 mcg	7,5	3,6
Vitamin B1 (thiamine)	0,11 mg	7,3	3,5
Vitamin B6 (pyridoxine)	0,14 mg	7,0	3,3
Folat	27,00 mcg	6,8	3,2
Tembaga	0,13 mg	6,5	3,1
Vitamin B3 (niacin)	1,13 mg	5,6	2,7
Vitamin B2 (riboflavin)	0,09 mg	5,3	2,5
Magnesium	19,80 mg	5,0	2,4
Besi	0,81 mg	4,5	2,1
Vitamin B5 (as. pantotenat)	0,44 mg	4,4	2,1
Phosphor	43,20 mg	4,3	2,1

Vitamin E	0,68 mg	3,4	1,6
Tryptophan	0,01 g	3,1	1,5
Protein	1,53 g	3,1	1,5

(Sumber : Whfoods.org, 2007)

Tomat merupakan buah pangan yang saat ini telah dikonsumsi di seluruh penjuru dunia. Diyakini, mengkonsumsi tomat baik bagi kesehatan hati. Lycopene, salah satu antioksidan alami yang sangat kuat ternyata terkandung di dalam buah tomat dengan kadar 30-100 ppm (Bombardelli, 1999). Lycopene memiliki kemampuan untuk mencegah penyakit kanker. Saat ini telah dikembangkan pula ekstrak buah tomat yang digunakan sebagai treatment tekanan darah tinggi.

Tabel 4. Kandungan Likopen Buah Segar dan Olahan Tomat

Bahan	Kandungan Likopen (mg/100g)
Pasta tomat	42,2
Saus spagetti	21,9
Sambal	19,5
Saus tomat	15,9
Jus tomat	12,8
Sup tomat	7,2
Saus <i>seafood</i>	17,0
Semangka	4,0
<i>Pink grapefruit</i>	4,0
Tomat mentah	8,8

Sumber : Tsang (2005) ; Arab dan Steck (2000)

2.4. Antioksidan

2.4.1. Pengertian Antioksidan

Di dalam tubuh kita terdapat senyawa yang disebut antioksidan yaitu senyawa yang dapat menetralkan radikal bebas, seperti: enzim SOD (Superoksida Dismutase), glutathione, dan katalase. Antioksidan juga dapat diperoleh dari asupan makanan yang banyak mengandung vitamin C, vitamin E dan betakaroten serta senyawa fenolik. Bahan pangan yang dapat menjadi sumber antioksidan alami, seperti rempah-rempah, coklat, biji-bijian, buah-buahan, sayur-sayuran seperti buah tomat, pepaya, jeruk dan sebagainya (Prakash, 2001; Frei B, 1994; Trevor R, 1995).

Radikal bebas adalah atom atau molekul yang tidak stabil dan sangat reaktif karena mengandung satu atau lebih elektron tidak berpasangan pada orbital terluarnya. Untuk mencapai kestabilan atom atau molekul, radikal bebas akan bereaksi dengan molekul disekitarnya untuk memperoleh pasangan elektron. Reaksi ini akan berlangsung terus menerus dalam tubuh dan bila tidak dihentikan akan menimbulkan berbagai penyakit seperti kanker, jantung, katarak, penuaan dini, serta penyakit degeneratif lainnya.

Persyaratan (sesuai peraturan/undang – undang) : Antioksidan sebagai bahan tambahan pangan batas maksimum penggunaannya telah diatur oleh Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor: 772/Menkes/Per/IX/88 tertulis dalam Lampiran I, antioksidan yang diizinkan penggunaannya antara lain asam askorbat, asam eritrobat, askorbil palmitat, askorbil stearat, butil hidroksilanisol (BHA), butil hidrokinin tersier, butil hidroksitoluen, dilauril tiodipropionat, propil gallat, timah (II) klorida, alpha tokoferol, tokoferol, campuran pekat (Wisnu Cahyadi, 2008).

2.4.2. Fungsi Zat Antioksidan

Berkaitan dengan fungsinya, senyawa antioksidan di klasifikasikan

dalam lima tipe antioksidan, yaitu:

1. *Primary antioxidants*, yaitu senyawa-senyawa fenol yang mampu memutus rantai reaksi pembentukan radikal bebas asam lemak. Dalam hal ini memberikan atom hidrogen yang berasal dari gugus hidroksi senyawa fenol sehingga terbentuk senyawa yang stabil. Senyawa antioksidan yang termasuk kelompok ini, misalnya BHA, BHT, PG, TBHQ, dan tokoferol.
2. *Oxygen scavengers*, yaitu senyawa-senyawa yang berperan sebagai pengikat oksigen sehingga tidak mendukung reaksi oksidasi. Dalam hal ini, senyawa tersebut akan mengadakan reaksi dengan oksigen yang berada dalam sistem sehingga jumlah oksigen akan berkurang. Contoh dari senyawa-senyawa kelompok ini adalah vitamin C (asam askorbat), askorbilpalminat, asam eritorbat, dan sulfit.
3. *Secondary antioxidants*, yaitu senyawa-senyawa yang mempunyai kemampuan untuk berdekomposisi hidroperoksida menjadi produk akhir yang stabil. Tipe antioksidan ini pada umumnya digunakan untuk menstabilkan poliolefin resin. Contohnya, asam tiodipropionat dan dilauriltiopropionat.
4. *Antioxidative Enzyme*, yaitu enzim yang berperan mencegah terbentuknya radikal bebas. Contohnya glukose oksidase, superoksidase dismutase(SOD), glutathion peroksidase, dan katalase.
5. *Chelators sequestrants*, yaitu senyawa-senyawa yang mampu mengikat logam seperti besi dan tembaga yang mampu mengkatalis reaksi oksidasi lemak. Senyawa yang termasuk didalamnya adalah asam sitrat, asam amino, ethylenediaminetetra acetid acid (EDTA), dan fosfolipid.

2.5. Lycopene

Lycopene atau yang sering disebut sebagai α -carotene adalah suatu karotenoid pigmen merah terang, suatu fitokimia yang banyak ditemukan dalam buah tomat dan buah-buahan lain yang berwarna merah. Pada penelitian makanan dan phytonutrien yang terbaru, lycopene merupakan objek paling populer. Karotenoid ini telah dipelajari secara ekstensif dan ternyata merupakan sebuah antioksidan yang sangat kuat dan memiliki kemampuan anti-kanker. Nama lycopene diambil dari penggolongan buah tomat, yaitu *Lycopersicon esculantum*. (Di Mascio P, Kaiser, dan Sies, 1989).

Secara struktural, lycopene terbentuk dari delapan unit isoprena. Banyaknya ikatan ganda pada lycopene menyebabkan elektron untuk menuju ke transisi yang lebih tinggi membutuhkan banyak energi sehingga lycopene dapat menyerap sinar yang memiliki panjang gelombang tinggi (sinar tampak) dan mengakibatkan warnanya menjadi merah terang. Jika lycopene dioksidasi, ikatan ganda antarkarbon akan patah membentuk molekul yang lebih kecil yang ujungnya berupa $-C=O$. Meskipun ikatan $-C=O$ merupakan ikatan yang bersifat kromoforik (menyerap cahaya), tetapi molekul ini tidak mampu menyerap cahaya dengan panjang gelombang yang tinggi sehingga lycopene yang teroksidasi akan menghasilkan zat yang berwarna pucat atau tidak berwarna. Elektron dalam ikatan rangkap akan menyerap energi dalam jumlah besar untuk menjadi ikatan jenuh, sehingga energi dari radikal bebas yang merupakan sumber penyakit dan penuaan dini dapat dinetralkan oleh lycopene (Di Mascio P, Kaiser, dan Sies, 1989).

Sayuran dan buah yang berwarna merah seperti tomat, semangka, jeruk

besar merah muda, jambu biji, pepaya, strawberry, gac, dan rosehip merupakan sumber utama lycopene. Sumber lain adalah bakteri seperti *Blakeslea trispora*. Tidak seperti vitamin C yang akan hilang atau berkurang apabila buah atau sayur dimasak, lycopene justru akan semakin kaya pada bahan makanan tersebut setelah dimasak atau disimpan dalam waktu tertentu. Misalnya, lycopene dalam pasta tomat empat kali lebih banyak dibanding dalam buah tomat segar. Hal ini disebabkan lycopene sangat tidak larut dalam air dan terikat kuat dalam serat.

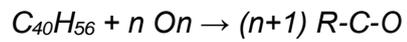
Lycopene merupakan suatu antioksidan yang sangat kuat. Kemampuannya mengendalikan singlet oxygen (oksigen dalam bentuk radikal bebas) 100 kali lebih efisien daripada vitamin E atau 12500 kali dari pada glutathion. Singlet oxygen merupakan prooksidan yang terbentuk akibat radiasi sinar ultra violet dan dapat menyebabkan penuaan dan kerusakan kulit. Selain sebagai anti skin aging, lycopene juga memiliki manfaat untuk mencegah penyakit cardiovascular, kencing manis, osteoporosis, infertility, dan kanker (kanker kolon, payudara, endometrial, paru-paru, pankreas, dan terutama kanker prostat). Ini semua diakibatkan banyaknya ikatan rangkap dalam molekulnya (Di Mascio P., Kaiser., dan Sies.,1989). Sebagai antioksidan, lycopene dapat melindungi DNA, di samping sel darah merah, sel tubuh, dan hati.

Selain bermanfaat dalam dunia kesehatan, lycopene juga bermanfaat sebagai pewarna makanan dan barang-barang dari plastik. Plastik yang diwarnai dengan lycopene tidak akan luntur jika terkena air, sabun, maupun detergent. Namun, warna ini mudah rusak jika dipanaskan pada suhu tinggi, terkena minyak panas, dan bahan oksidator (wikipedia.org, 2007).

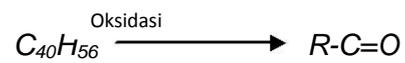
Kemampuan likopen dalam meredam oksigen tunggal dua kali lebih baik daripada beta karoten dan sepuluh kali lebih baik daripada alfa-tokoferol. Tomat

b. Sifat Kimia Lycopene

- Dalam larutannya, akan mengendap dengan kehadiran ion Ca^{2+}
- Bereaksi dengan oksigen bebas Reaksi :



- Teroksidasi oleh zat-zat oksidator membentuk molekul yang lebih kecil dengan bentuk R-C=O .



(Anonim, 2007).