

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Evaporasi**

Evaporasi adalah suatu proses yang bertujuan memekatkan larutan yang terdiri atas pelarut (solvent) yang volatile dan zat terlarut (solute) yang non volatile (Widjaja,2010). Evaporasi adalah proses pengentalan larutan dengan cara mendidihkan atau menguapkan pelarut. Di dalam pengolahan hasil pertanian proses evaporasi bertujuan untuk, meningkatkan larutan sebelum proses lebih lanjut, memperkecil volume larutan, menurunkan aktivitas air (Praptiningsih 1999).

Dalam kebanyakan proses evaporasi, pelarutnya adalah air. Evaporasi dilakukan dengan menguapkan sebagian dari pelarut sehingga didapatkan larutan zat cair pekat yang konsentrasinya lebih tinggi. Evaporasi tidak sama dengan pengeringan. Dalam evaporasi sisa penguapan adalah zat cair yang sangat kental, bukan zat padat. Evaporasi berbeda pula dengan destilasi, karena uapnya adalah komponen tunggal. Evaporasi berbeda dengan kristalisasi, karena evaporasi digunakan untuk memekatkan larutan bukan untuk membuat zat padat atau Kristal (MC. Cab,dkk.,1993).

Menurut Wirakartakusumah (1989), di dalam pengolahan hasil pertanian proses evaporasi bertujuan untuk:

1. Meningkatkan konsentrasi atau viskositas larutan sebelum diproses lebih lanjut. Sebagai contoh pada pengolahan gula diperlukan proses pengentalan nira tebus sebelum proses kristalisasi, spray drying, drum drying dan lainnya
2. Memperkecil volume larutan sehingga dapat menghemat biaya pengepakan, penyimpanan dan transportasi
3. Menurunkan aktivitas air dengan cara meningkatkan konsentrasi solid terlarut sehingga bahan menjadi awet misalnya pada pembuatan susu kental manis.

Menurut Earle (1982), adapun faktor-faktor yang menyebabkan dan mempengaruhi kecepatan pada proses evaporasi adalah :

- a. Kecepatan hantaran panas yang diuapkan ke bahan
- b. Jumlah panas yang tersedia dalam penguapan
- c. Suhu maksimum yang dapat dicapai
- d. Tekanan yang terdapat dalam alat yang digunakan

e. Perubahan-perubahan yang mungkin terjadi selama proses penguapan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses evaporasi menurut Haryanto dan Masyithah (2006), antara lain :

a. Luas permukaan bidang kontak

Semakin luas permukaan bidang kontak antara cairan dengan pemanas, maka semakin banyak molekul air yang teruapkan sehingga proses evaporasi akan semakin cepat.

b. Tekanan

Kenaikkan tekanan sebanding dengan kenaikan titik didih. Tekanan bisa dibuat vakum untuk menurunkan titik didih cairan sehingga proses penguapan semakin cepat.

c. Karakteristik zat cair

1. Konsentrasi

Walaupun cairan yang diumpangkan kedalam evaporator cukup encer sehingga beberapa sifat fisiknya sama dengan air, tetapi jika konsentrasinya meningkat, larutan itu akan semakin bersifat individual.

2. Pembentukan busa

Beberapa bahan tertentu, terutama zat-zat organik berbusa pada waktu diuapkan. Busa yang dihasilkan akan ikut ke luar evaporator bersamauap.

3. Kepekaan terhadap suhu

Beberapa bahan kimia, bahan kimia farmasi dan bahan makanan dapat rusak bila dipanaskan pada suhu tinggi dalam waktu yang lama. Dalam mengatur konsentrasi bahan-bahan seperti itu maka diperlukan teknik khusus untuk menurunkan suhu zat cair dan mengurangi waktu pemanasan.

4. Kerak

Beberapa larutan tertentu menyebabkan pembentukan kerak pada permukaan pemanasan. Hal ini menyebabkan koefisien menyeluruh semakin lama semakin berkurang.

## **2.2 Evaporator**

Menurut Gaman (1994), mekanisme kerja evaporator adalah steam yang dihasilkan oleh alat pemindah panas, kemudian panas yang ada (*steam*) berpindah pada bahan atau larutan sehingga suhu larutan akan naik sampai mencapai titik didih. Uap yang dihasilkan masih

digunakan atau disuplai sehingga terjadi peningkatan tekanan uap. Di dalam evaporator terdapat 3 bagian, yaitu:

1. Alat pemindah panas

Berfungsi untuk mensuplai panas, baik panas sensibel (untuk menurunkan suhu) maupun panas laten pada proses evaporasi. Sebagai medium pemanas umumnya digunakan uap jenuh.

2. Alat pemisah

Berfungsi untuk memisahkan uap dari cairan yang dikentalkan.

3. Alat pendingin

Berfungsi untuk mengkondensasikan uap dan memisahkannya. Alat pendingin ini bisa ditiadakan bila sistem bekerja pada tekanan atmosfer.

Selama proses evaporasi dapat terjadi perubahan-perubahan pada bahan, baik yang menguntungkan maupun yang merugikan. Perubahan-perubahan yang terjadi antara lain perubahan viskositas, kehilangan aroma, kerusakan komponen gizi, terjadinya pencokelatan dan lain-lain. Pemekatan dapat dilakukan melalui penguapan, proses melalui membrane, dan pemekatan beku. Peralatan yang digunakan untuk memindahkan panas ke bahan bermacam-macam bentuk dan jenisnya. Penggunaan bermacam-macam peralatan ini akan berpengaruh pada kemudahan penguapan dan retensi zat gizi (Tejasari, 1999).

Besarnya suhu dan tekanan evaporator sangat berpengaruh terhadap proses penguapan cairan. Semakin tinggi maka semakin cepat proses evaporasi, tetapi dapat menyebabkan kerusakan-kerusakan yang dapat menurunkan kualitas bahan (Gaman, 1994).

### **Evaporator Vakum**

Mesin Evaporator Vakum (*vacuum evaporator*) adalah mesin yang digunakan untuk menguapkan air pada suhu dan tekanan rendah sehingga dapat mengurangi kadar air suatu bahan. Evaporator Vakum biasa digunakan untuk produk yang bersifat cair seperti madu, sari buah, minyak nilam, minyak VCO atau gula cair. Biasanya produk akhir bahan akan lebih kental karena kadar airnya telah berkurang. Mesin Evaporator Vakum (Vacuum Evaporator) digunakan untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan kadar air pada suatu bahan seperti pada tanaman cabai rawit.

Bahan yang akan dipisahkan dimasukkan ke dalam tangki umpan dengan kapasitas 10 liter. Bahan dialirkan masuk ke dalam evaporator bagian tabung dalam menggunakan pompa. Bahan masuk dari atas dan keluar dari bawah, yang menjadikan aliran pemanas dan aliran bahan menjadi searah atau *co-current*. Pada sumbu tabung terdapat batang yang dapat diputar, yang dilengkapi dengan sirip-sirip. Pada Agitated Thin-Film Evaporator, saat batang berputar, cairan bergerak kebawah dan akan terlempar ketepi tabung (bagian panas) karena putaran sirip. Cairan ditepi tabung akan terpental kembali ketengah tabung. Ketika bahan sudah sampai di ujung bawah evaporator, bahan hasil pemekatan tersebut akan diserap dengan pompa untuk dialirkan menuju tangki umpan kembali.

### **2.2.1 Prinsip Evaporator**

Evaporator adalah alat untuk mengevaporasi larutan sehingga prinsip kerjanya merupakan prinsip kerja atau cara kerja dari evaporasi itu sendiri. Prinsip kerjanya dengan penambahan kalor atau panas untuk memekatkan suatu larutan yang terdiri dari zat terlarut yang memiliki titik didih tinggi dan zat pelarut yang memiliki titik didih lebih rendah sehingga dihasilkan larutan yang lebih pekat serta memiliki konsentrasi yang tinggi.

1. Pemekatan larutan didasarkan pada perbedaan titik didih yang sangat besar antara zat-zatnya. Titik didih cairan murni dipengaruhi oleh tekanan.
2. Dijalankan pada suhu yang lebih rendah dari titik didih normal.
3. Titik didih cairan yang mengandung zat tidak mudah menguap (misalnya: gula) akan tergantung tekanan dan kadar zat tersebut.
4. Beda titik didih larutan dan titik didih cairan murni disebut Kenaikan titik didih (boiling).

### **2.2.2 Metode Evaporator**

1. Single effect evaporation

Menggunakan satu evaporator saja, uap dari zat cair yang mendidih dikondensasikan dan dibuang. Walaupun metode ini sederhana, namun proses ini tidak efektif dalam penggunaan uap. Untuk menguapkan 1 lb air dari larutan, diperlukan 1 – 1.3 lb uap.

2. Double effect evaporation

Uap dari satu evaporator dimasukkan ke dalam rongga uap (*steam chest*) evaporator kedua, dan uap dari evaporator kedua dimasukkan ke dalam condenser.

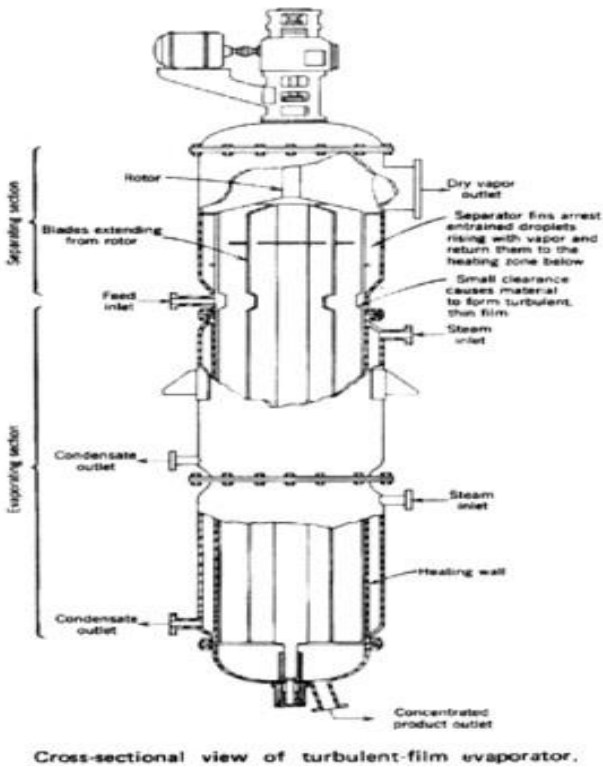
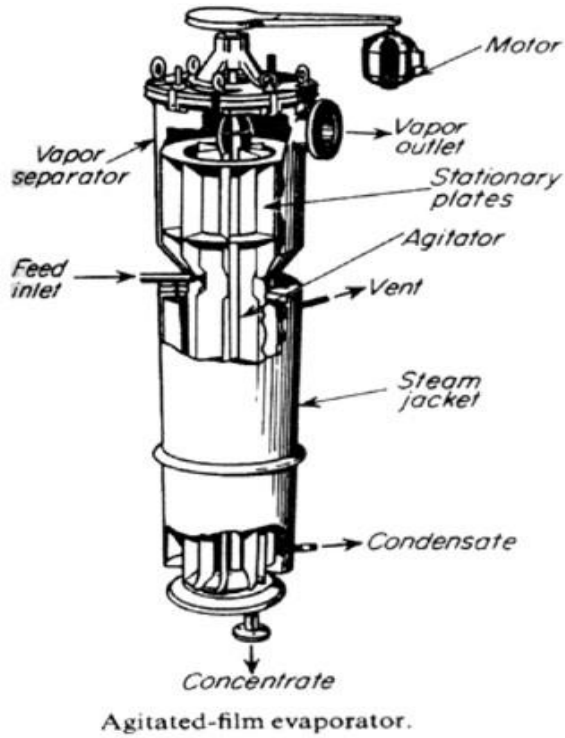
3. Multiple Effect Evaporation

Evaporator yang digunakan dalam suatu metode lebih dari satu, seperti misalnya uap dari evaporator kedua dimasukkan ke dalam rongga uap evaporator ketiga, dan berlanjut sampai beberapa evaporasi.

### **2.2.3 Agitated Film Evaporator**

Nama lain : turbulent film evaporator atau wioed-film evaporator (untuk yang horisontal). Evaporator berbentuk tabung (shell) vertikal atau horizontal, dengan pemanas diluar tabung. Pada sumbu tabung terdapat batang yang dapat diputar, yang dilengkapi dengan sirip-sirip. Pada vertical agitated film evaporator, saat batang berputar, cairan bergerak kebawah akan terlempar ketepi tabung (bagian panas) karena putaran sirip. Cairan ditepi tabung akan terpental kembali ketengah tabung. Pada bagian atas tabung disediakan ruang untuk pemisahan uap cairan. Transfer panas berjalan dengan sangat efisien. Problem penyumbatan dan konsentrasi local yang tinggi dapat teratasi.

Agitated film evaporator dirancang untuk bahan yang viskos, peka, dan korosif, atau untuk memproduksi padatan. Meskipun demikian, alat ini mahal, konstruksinya sulit dan biaya operasi yang tinggi (karena perlu tenaga pengadukan).



Gambar 1. Agitated Film Evaporator  
(Foust, et. al., 1980)

Gambar 2. Agitated Film Evaporator  
(Foust, et. al., 1980)

### **2.3 Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.)**

Cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) merupakan tanaman yang bersasal dari benua Amerika. Tanaman ini cocok dikembangkan di daerah tropis terutama sekitar khatulistiwa dan tumbuh baik di dataran rendah dengan ketinggian 0-500 meter dpl, akan tetapi cabai rawit bisa tumbuh baik pada ketinggian 1000 meter dpl. Produktivitas tanaman cabai akan berkurang pada tempat yang terlalu tinggi. Tanaman cabai rawit termasuk ke dalam kingdom plantae, division magnoliophyta, class magnoliopsida, order solanales dan familie solanaceae. Tanaman ini merupakan tanaman yang menyerbuk sendiri, persilangan antar varietas secara alami sangat mungkin terjadi di lapang yang dapat menghasilkan rasras cabai baru dengan sendirinya (Cahyono, 2003). Beberapa sifat tanaman cabai yang dapat digunakan untuk membedakan antar varietas di antaranya adalah percabangan tanaman, perbungaan tanaman, ukuran ruas, dan tipe buahnya (Prajnanta, 1999).

Cabai rawit juga memiliki banyak varietas, diantaranya adalah cabai mini, cabai cengek/ceplik (rawit putih), cabai cengis (rawit hijau). Tinggi tanaman cabai rawit umumnya dapat mencapai 150 cm. Daunnya lebih pendek dan menyempit. Posisi bunga tegak dengan mahkota bunga berwarna kuning kehijauan. Panjang buahnya dari tangkai hingga ujung buah hanya mencapai 3,7-5,3 cm. Bentuk buahnya kecil dengan warna biji umumnya kuning kecoklatan (Setiadi, 1997). Pemanenan pertama cabai rawit dapat dilakukan setelah tanaman berumur 4 bulan dengan selang waktu satu sampai dua minggu sekali. Tanaman cabai rawit dapat hidup 2 sampai 3 tahun. Di dataran tinggi, tanaman cabai rawit masih bisa berbuah hanya saja periode panennya lebih sedikit dibanding dataran rendah. Cabai rawit yang dibudidayakan di Indonesia sangat beragam. Secara umum, masyarakat mengenal cabai rawit putih dan cabai rawit hijau, akan tetapi setiap tempat memiliki macam cabai rawit yang berbeda-beda (Cahyono, 2003).

Tanaman cabai rawit termasuk tanaman semusim yang tumbuh sebagai perdu dengan tinggi tanaman mencapai 1,5 m. Tanaman dapat ditanam di lahan kering (tegalan) dan di lahan basah (sawah). Kondisi lingkungan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi cabai rawit. Keadaan iklim dan tanah merupakan dua hal pokok yang harus diperhatikan dalam menentukan lokasi penanaman cabai rawit (Pijoto, 2003). Tanaman cabai rawit memerlukan

tanah yang memiliki tekstur lempung berpasir atau liat berpasir dengan struktur gembur (Nawangsih dkk., 1999).

Selain itu, tanah harus mudah mengikat air, memiliki solum yang dalam (minimal 1m), memiliki daya menahan air yang cukup baik, tahan terhadap erosi dan memiliki kandungan bahan organik tinggi (Setiadi, 1987). Tanaman cabai rawit memerlukan derajat keasaman (pH) tanah antara 6,0-7,0 (pH optimal 6,5) dan memerlukan sinar matahari penuh (tidak memerlukan naungan). Tanaman cabai rawit memerlukan kondisi iklim dengan 0-4 bulan basah dan 4-6 bulan kering dalam satu tahun dan curah hujan berkisar antara 600-1.250 mm per tahun. Kelembaban udara yang cocok untuk tanaman cabai rawit adalah 60-80%. Tanaman cabai rawit Agar dapat tumbuh dengan baik dan berproduksi tinggi pada suhu udara rata-rata tahunan berkisar antara 18-300C (Cahyono, 2003).



Gambar 3. Cabai Rawit(*Capsicum frutescens L.*)

### 2.3.1 Karakteristik Morfologi Cabai Rawit

Cabai rawit adalah tanaman perdu yang tingginya hanya sekitar 50-135 cm. Tanaman ini tumbuh tegak lurus ke atas. Akar cabai rawit merupakan akar tunggang. Akar tanaman ini umumnya berada dekat dengan permukaan tanah dan melebar sejauh 30-50 cm secara vertikal, akar cabai rawit dapat menembus tanah sampai kedalaman 30-60 cm. Batangnya kaku dan tidak bertrikoma. Daunnya merupakan daun tunggal yang bertangkai. Helaian daun bulat telur memanjang atau bulat telur bentuk lanset, dengan pangkal runcing dan ujung yang menyempit. Letaknya berselingan pada batang dan membentuk pola spiral (Tjandra, 2011).

Bunga cabai rawit terletak di ujung atau nampak di ketiak, dengan tangkai tegak (Steenis et al., 2002). Bunga cabai rawit keluar dari ketiak daun. Warnanya putih atau putih kehijauan, ada juga yang berwarna ungu. Mahkota bunga berjumlah 4-7 helai dan berbentuk

bintang. Bunga dapat berupa bunga tunggal atau 2-3 letaknya berdekatan. Bunga cabai rawit ini bersifat hermaphrodit (berkelamin ganda). Buah buni bulat telur memanjang, buah warnanya merah, rasanya sangat pedas, dengan ujung yang mengangguk 1,5-2,5 cm. Buah cabai rawit tumbuh tegak mengarah ke atas. Buah yang masih muda berwarna putih kehijauan atau hijau tua. Ketika sudah tua menjadi hijau kekuningan, jingga, atau merah menyala (Tjandra,2011).

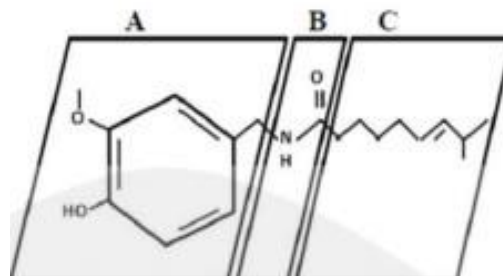


Gambar 4. Morfologi Tanaman Cabai Rawit

### 2.3.2 Kandungan Kimia

Produk metabolit sekunder yang terdapat pada buah cabai salah satunya adalah capsaicin. Capsaicin merupakan kelompok senyawa yang bertanggung jawab terhadap rasa pedas dari cabai. Capsaicin merupakan senyawa nonpolar yang memiliki beberapa gugus polar terhadap hidrogen yang berikatan dengan air. Hal ini menyebabkan capsaicin tidak larut dalam air (Cairns, 2004).

Capsaicin (*trans*-8-metil-Nvanilil-6-noneamida) merupakan alkaloid berbentuk kristal, lipofilik, tak berwarna, tak berbau dengan rumus molekul  $C_{18}H_{27}NO_3$ . Berat molekul capsaicin 305,4 g/mol. Capsaicin larut dalam lemak dan alkohol. Pertama dikristalkan pada tahun 1876 oleh Tresh. Struktur molekul ditemukan oleh Nelson dan Dawson pada tahun 1919. Capsaicin mempunyai isomer *cis/trans* seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 5. Molekul Capsaicin (Cairns, 2004)

Keterangan:

A = cincin aromatic

B = ikatan amida

C = rantai samping hidrofobik

Menurut Astawan dan Kasih (2008), capsaicin bersifat antikoagulan, dengan cara menjaga darah tetap encer dan mencegah terbentuknya kerak lemak pada pembuluh darah. Kegemaran makan sambal memperkecil kemungkinan menderita penyumbatan pembuluh darah (aterosklerosis), sehingga mencegah munculnya serangan stroke, jantung koroner, dan impotensi. Capsaicin bisa menumpulkan saraf tepi sehingga berfungsi untuk antialergi. Capsaicin dapat mengeluarkan lendir dari paru-paru (zat mucokinetik), dengan demikian cabai membantu menyembuhkan bronkitis, influenza, sinusitis, dan asma. Capsaicin juga dapat menghalangi bahaya pada sel trachea, bronchial, dan bronchoconstriction yang disebabkan oleh asap rokok dan polutan lainnya.

### 2.3.3 Kandungan Gizi dan Manfaat Cabai Rawit

Cabai rawit merupakan tanaman yang mempunyai banyak kandungan. Kandungan-kandungan tersebut meliputi capsaisin, capsantin, karotenid, alkaloid, resin, dan minyak atsiri. Selain itu, cabai ini juga kaya akan kandungan vitamin A, B, C (Tjandra, 2011). Zat gizi seperti protein, lemak, karbohidrat, kalsium (Ca), fosfor (P), besi (Fe), vitamin (salah satunya adalah vitamin C) dan mengandung senyawa-senyawa alkaloid, seperti kapsaisin, flavonoid, dan minyak esensial juga terkandung dalam tanaman ini (Arifin,2010).

Cabai rawit paling banyak mengandung vitamin A dibandingkan cabai lainnya. Cabai rawit segar mengandung 11.050 SI vitamin A, sedangkan cabai rawit kering mengandung 1.000 SI. Sementara itu, cabai hijau segar hanya mengandung 260 vitamin A, cabai merah segar 470, dan cabai merah kering 576 SI.

Tabel 1. Kandungan nutrisi (gizi) dalam setiap 100 g cabai rawit segar dan kering (Rukmana,2002).

No.	Komposisi Zat Gizi	Proporsi Kandungan Gizi	
		Segar	Kering
1.	Kalori (kal)	103,00	-
2.	Protein (g)	4,70	15,00
3.	Lemak (g)	2,40	11,00
4.	Karbohidrat (g)	19,90	33,00

5.	Kalsium (mg)	45,00	150,00
6.	Vitamin A (Si)	11,050,00	1,000,00
7.	Zat Besi (mg)	2,50	9,00
8.	Vitamin B1 (mg)	0,08	0,50
9.	Vitamin C (mg)	70,00	10,00
10.	Air (g)	71,20	8,00
11.	Fosfor (mg)	85,00	-
12.	Bagian yang dapat dimakan (Bdd 90 %)		-

#### 2.4 Vitamin C (Asam Askorbat)

Vitamin merupakan senyawa kompleks yang sangat dibutuhkan oleh tubuh yang berfungsi untuk membantu pengaturan atau proses metabolisme tubuh. Salah satu vitamin yang diperlukan oleh tubuh adalah vitamin C. Vitamin C berperan dalam pembentukan kolagen interseluler. Vitamin C atau asam askorbat adalah salah satu vitamin yang terbuat dari turunan heksosa yang larut dalam air dan mudah teroksidasi. Proses tersebut dipercepat oleh panas, sinar, alkali, enzim serta oleh katalis tembaga dan besi. Disamping itu, asam askorbat memiliki gugus kromofor yang peka terhadap rangsangan cahaya. Salah satu tanaman yang mengandung vitamin C adalah mangga dodol, nanas dan cabai.

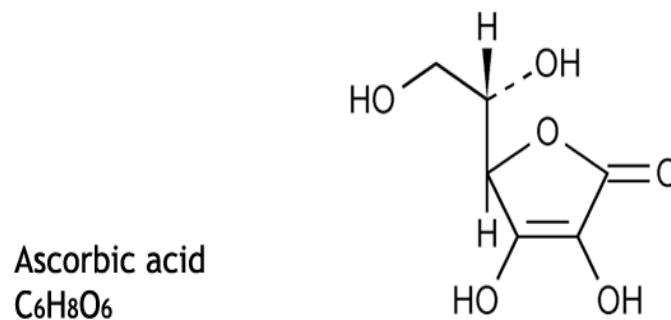
Kebanyakan tumbuh-tumbuhan dan hewan dapat mensintesis asam askorbat untuk kebutuhannya sendiri. Akan tetapi manusia dan golongan primata lainnya tidak dapat mensintesa asam askorbat disebabkan karena tidak memiliki enzim gulunolactone oxidase, begitu juga dengan marmut dan kelelawar pemakan buah. Oleh sebab itu asam askorbat harus disuplai dari luar tubuh terutama dari buah, sayuran, atau tablet suplemen Vitamin C. Banyak keuntungan di bidang kesehatan yang didapat dari fungsi askorbat, seperti fungsinya sebagai antioksidan, anti atherogenik, immunomodulator dan mencegah flu (Naidu, 2003). Akan tetapi untuk dapat berfungsi dengan baik sebagai antioksidan, maka kadar asam askorbat ini harus terjaga agar tetap dalam kadar yang relatif tinggi di dalam tubuh (Yi li, 2007 dalam Siregar, 2009).

Antioksidan adalah substansi yang diperlukan tubuh untuk menetralkan radikal bebas dan mencegah kerusakan yang ditimbulkan oleh radikal bebas terhadap sel normal, protein, dan lemak. Antioksidan menstabilkan radikal bebas dengan melengkapi kekurangan elektron yang

dimiliki radikal bebas, dan menghambat terjadinya reaksi berantai dari pembentukan radikal bebas yang dapat menimbulkan stres oksidatif (Iswara, 2009).

Antioksidan yang berupa mikronutrien dikenal tiga yang utama, yaitu : Bkaroten, Vitamin C dan Vitamin E. B-caroten merupakan scavengers (pengumpul) oksigen tunggal, Vitamin C pemulung superoksida dan radikal bebas yang lain, sedangkan Vitamin E merupakan pemutus rantai peroksida lemak pada membran dan Low Density Lipoprotein. Vitamin E yang larut dalam lemak merupakan antioksidan yang melindungi Poly Unsaturated Fatty Acids (PUFAs) dan komponen sel serta membran sel dari oksidasi oleh radikal bebas (Iswara, 2009).

Asam askorbat adalah 6 atom karbon lakton yang disintesis dari glukosa yang terdapat dalam liver. Nama kimia dari asam askorbat 2-oxo-L-threo-hexono-1,4- lactone-2,3-enediol. Bentuk utama dari asam askorbat yang dinamakan adalah Lascorbic dan dehydroascorbic acid (Naidu, 2003).



Gambar 6. Struktur Vitamin C (Asam Askorbat)

## 2.5 Spektrofotometri

Spektrofotometer sesuai dengan namanya adalah alat yang terdiri dari spektrometer dan fotometer. Spektrometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukurintensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang diabsorpsi. Jadi spektrofotometer digunakan untuk mengukur energi secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang. Kelebihan spektrometer adalah panjang gelombang dari sinar putih dapat terseleksi dan ini diperoleh dengan alat pengurai seperti prisma, grating ataupun celah optis (Khopkar,2012).

Panjang gelombang yang digunakan adalah panjang gelombang optimum yakni panjang gelombang yang memberikan nilai absorbansi maksimum dan nilai transmitansi minimum. Ada beberapa alasan mengapa harus menggunakan panjang gelombang maksimal dikarenakan pada panjang gelombang maksimal maka kepekaannya juga maksimal karena perubahan absorbansi

untuk setiap satuan konsentrasi adalah yang paling besar. Di sekitar panjang gelombang maksimal, bentuk kurva absorbansi datar dan pada kondisi tersebut hukum Lambert Beer akan terpenuhi. Jika dilakukan pengukuran ulang maka kesalahan yang disebabkan oleh pemasangan ulang panjang gelombang akan kecil sekali, ketika digunakan panjang gelombang maksimum.

### 2.5.1 Prinsip Kerja Metode Spektrofotometri

Bila cahaya (monokromatik maupun campuran) jatuh pada suatu medium homogen, sebagian dari sinar masuk akan dipantulkan, sebagian diserap dalam medium itu, dan sisanya diteruskan. Jika intensitas sinar masuk dinyatakan oleh  $I_0 = I_a + I_t + I_r$

Dimana :  $I_0$  = intensitas sinar masuk

$I_a$  = intensitas sinar terserap

$I_t$  = intensitas sinar diteruskan

$I_r$  = intensitas sinar terpantulkan

### 2.5.2 Jenis-jenis Spektrofotometer

#### a. Spektrofotometer UV (Ultra Violet)

Pada spektrofotometri Ultraviolet (UV) berdasarkan interaksi sampel dengan sinar UV. Sinar UV memiliki panjang gelombang 190-380 nm. Sebagai sumber sinar dapat digunakan lampu deuterium. Deuterium disebut juga heavy hidrogen. Deuterium merupakan isotop hidrogen stabil yang terdapat berlimpah di laut dan daratan. Inti atom deuterium mempunyai satu proton dan satu neutron, sementara hidrogen hanya memiliki satu proton dan tidak memiliki neutron. Nama deuterium diambil dari bahasa Yunani, deuterios, yang berarti 'dua', mengacu pada intinya yang menjadi dua partikel. Karena sinar UV tidak dapat dideteksi oleh mata manusia, maka senyawa yang dapat menyerap sinar ini terkadang merupakan senyawa yang tidak memiliki warna bening dan transparan. Oleh karena itu, sampel tidak berwarna tidak perlu dibuat berwarna dengan penambahan reagent tertentu. Bahkan sampel dapat langsung dianalisa meskipun tanpa preparasi. Namun perlu diingat, sampel keruh tetap harus dibuat jernih dengan filtrasi atau sentrifugasi. Prinsip dasar pada spektrofotometri adalah sampel harus jernih dan larut sempurna. Tidak ada partikel koloid apalagi suspensi.

#### b. Spektrofotometri Inframerah

Dari namanya sudah bisa dimengerti bahwa spektrofotometer ini berdasarkan pada penyerapan panjang gelombang inframerah. Cahaya inframerah terbagi menjadi inframerah dekat, pertengahan dan jauh. Inframerah pada spektrofotometer adalah inframerah jauh dan pertengahan yang mempunyai panjang gelombang 2,5-1000 nm. Pada spektrofotometer Inframerah (IR) meskipun bisa digunakan untuk analisa kuantitatif, namun biasanya lebih kepada analisa kualitatif. Umumnya spektrofotometer Inframerah (IR) digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada suatu senyawa, terutama senyawa organik. Setiap serapan pada panjang gelombang tertentu menggambarkan adanya suatu gugus fungsi spesifik.

c. Spektrofotometri Serapan Atom

Spektrofotometer Serapan Atom atau Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) adalah suatu alat yang digunakan pada metode analisis untuk penentuan unsur-unsur logam dan metaloid yang berdasarkan pada penyerapan absorpsi radiasi oleh atom bebas. Peristiwa serapan atom pertama kali diamati oleh Fraunhofer, ketika menelaah garis-garis hitam pada spektrum matahari. Sedangkan yang memanfaatkan prinsip serapan atom pada bidang analisis adalah seorang Australia bernama Alan Walsh pada tahun 1955. Sebelumnya ahli kimia banyak tergantung pada cara-cara spektrofotometrik atau analisis spektrografik. Beberapa cara ini sulit dan memakan waktu, kemudian digantikan dengan spektroskopi serapan atom. Metode ini sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Teknik ini mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan metode spektroskopi emisi konvensional.

d. 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:

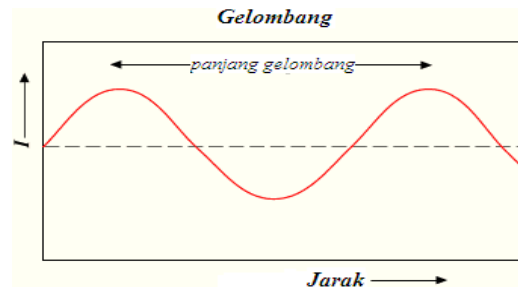
$$C = V \cdot \lambda$$

Dimana:

C = Kecepatan cahaya

V = Frekuensi dalam gelombang per detik (Hertz)

$\lambda$  = Panjang gelombang dalam meter



Gambar 7. Radiasi Elektromagnetik dengan panjang gelombang  $\lambda$

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). 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. Sinar putih memiliki panjang gelombang mencakup 380-750 nm. Panjang gelombang dari berbagai warna disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Serapan Sinar dan Zat Warna (Underwood, 2002).

$\Lambda$ (nm)	Warna yang Diteruskan	Warna yang Diserap
400-435	Ungu	Hijau – Kekuningan
435-480	Biru	Kuning
480-490	Biru-Kehijauan	Jingga
490=500	Hijau-Kebiruan	Merah
500-560	Hijau	Ungu Kemerahan
560-580	Hijau-Kekuningan	Ungu
580-595	Kuning	Biru
595-610	Jingga	Biru Kehijauan
610-750	Merah	Hijau Kebiruan

### 2.5.3 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:  $A = k \cdot c \cdot b$

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 ( $\epsilon$ ).

Jadi dalam sistem dikombinasikan, hukum Lambert-Beer dapat dinyatakan dalam rumus berikut:

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

$$A = \epsilon \cdot b \cdot c \text{ (mol/liter)}$$

*Dimana:*

$A$  = serapan

$c$  = konsentrasi

$a$  = absorptivitas

$\epsilon$  = absorptivitas molar

$b$  = ketebalan sel

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).

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)

#### 2.5.4 Response Surface Methodology

Metode permukaan respon (response surface methodology) adalah sekumpulan teknik matematika dan statistika yang berguna untuk menganalisis permasalahan dimana beberapa variabel independen mempengaruhi variabel respon dan tujuan akhirnya adalah untuk mengoptimalkan respon. Misalnya, dengan menyusun suatu model matematika, peneliti dapat mengetahui nilai variabel-variabel independen yang menyebabkan nilai variabel respon menjadi optimal (Montgomery,2001).

Response Surface Methodology (RSM) menggunakan metode gabungan antara teknik matematika dan teknik statistik, digunakan untuk membuat model dan menganalisa suatu respon y yang dipengaruhi oleh beberapa variabel bebas/faktor x guna mengoptimalkan respon tersebut.

Hubungan antara respon y dan variabel bebas x adalah:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_k) + \varepsilon \dots \dots \dots (1)$$

dimana:

Y = variabel respon

$X_i$  = variabel bebas/ faktor (  $i = 1, 2, 3, \dots, k$  )

$\varepsilon$  = error

Langkah pertama dari RSM adalah menemukan hubungan antara respon y dan faktor x melalui persamaan polinomial orde pertama dan digunakan model regresi linear, atau yang lebih dikenal dengan first-order model (model orde I):

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i \dots \dots \dots (2)$$

Rancangan eksperimen orde I yang sesuai untuk tahap penyaring faktor adalah rancangan faktorial 2k (Two Level Factorial Design).

Selanjutnya untuk model orde II, biasanya terdapat kelengkungan dan digunakan model polinomial orde kedua yang fungsinya kuadrat:

$$Y = R_0 + \sum_{i=1}^k R_i X_i + \sum_{i=1}^k R_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1, i < j}^{k-1} \sum_{j=2}^k R_{ij} X_i X_j + \varepsilon \dots \dots \dots (3)$$

Rancangan eksperimen orde II yang digunakan adalah rancangan faktorial  $3^k$  (Three Level Factorial Design), yang sesuai untuk masalah optimasi. Dimana  $X_i, X_j$  adalah variabel input yang mempengaruhi respon  $Y$ ;  $R_0, R_i, R_{ii}$  dan  $R_{ij}$  ( $i = 1-k, j = 1-k$ ) adalah parameter yang dikenal, dan  $\varepsilon$  adalah kesalahan acak. Model orde kedua dirancang sehingga variansi  $Y$  konstan untuk semua titik yang berjarak sama dari pusat desain. Kemudian dari model orde II ditentukan titik stasioner, karakteristik permukaan respon dan model optimasinya.