

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Sayuran

Manusia hidup memerlukan energi yang diperoleh dari makanan. Makanan yang baik harus memenuhi kriteria gizi yang dianjurkan diantaranya yaitu vitamin dan mineral. Mineral seperti besi, kalsium, seng, fosfor dan natrium berperan penting dalam metabolisme tubuh manusia, namun unsur-unsur tersebut tidak bisa disintesis sendiri oleh tubuh manusia, sehingga untuk mencukupinya diperlukan penambahan dari luar. Umumnya manusia mencukupi kebutuhan akan mineral-mineral ini dari makanan, baik makanan hewani maupun nabati.

Makanan hewani merupakan sumber utama mineral, akan tetapi penelitian-penelitian oleh para ahli menunjukkan bahwa makanan hewani selain mengandung banyak mineral yang dibutuhkan manusia, juga banyak mengandung zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan tubuh seperti kolesterol, sehingga makanan nabati, terutama sayuran hijau menjadi pilihan utama untuk pemenuhan kebutuhan akan mineral <sup>(2)</sup>.

#### 2.2. Tanaman Kangkung (*Ipomoea aquatica*) <sup>(3)</sup>

Kangkung merupakan tanaman menetap yang dapat tumbuh lebih dari satu tahun. Batang tanaman berbentuk bulat panjang, tumbuh merambat atau menjalar, bercabang banyak, berongga dan banyak mengandung air.

Kedudukan tanaman kangkung dalam sistematika tumbuhan, diklasifikasikan ke dalam

- Divisio : SPERMATOPHYTA  
 Sub-divisio : Angiospermae  
 Kelas : Dicotyledoneae  
 Famili : Convolvulaceae  
 Genus : Ipomoea  
 Spesies : *Ipomoea aquatica*. Forsk ( kangkung air )  
*Ipomoea reptans*. Poir ( kangkung darat )

Nilai gizi kangkung yang telah diteliti oleh Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI tahun 1980 disajikan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Kandungan gizi kangkung dalam tiap 100 gram

No.	Kandungan gizi	Jumlah
1.	Protein	3,0 g
2.	Lemak	0,3 g
3.	Karbohidrat	5,4 g
4.	Kalori	29 kal
5.	Kalsium (Ca)	73 mg
6.	Phospor (P)	50 mg
7.	Besi (Fe)	2,5 mg
8.	Air	89,7 g

### 2.3. Mineral dalam Makanan <sup>(4)(5)</sup>

Sebagian besar makanan, yaitu sekitar 96 % terdiri dari bahan organik dan air. Sisanya terdiri dari unsur-unsur mineral. Dalam ilmu gizi diketahui bahwa unsur-unsur mineral mempunyai peranan penting dalam proses metabolisme tubuh manusia. Menurut kebutuhannya terhadap tubuh manusia, mineral dapat dibagi menjadi dua macam yaitu :

1. Makromineral : P, Ca, K, Na, Cl, S dan Mg
2. Mikromineral : Fe, Zn, Mn, Cu, Mo dan B

Fungsi mineral dalam tubuh manusia dan sumber mineral tersebut dalam bahan makanan disajikan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Fungsi mineral dan sumber mineral dalam bahan makanan

No	Unsur	Fungsi	Sumber Makanan
1.	Fe	Pembentukan Haemoglobin	Hati, Daging, Sayuran
2.	Cu	Pencegah penyakit dipigmentasi	Hati, Daging
3.	Ca	Pembentukan tulang dan gigi	Susu, Ikan
4.	Zn	Sebagai aktivator berbagai enzim	Sayur, daging
5.	Na	Mengatur tekanan osmosa	Garam Dapur
6.	P	Pembentukan tulang	Susu, Daging
7.	F	Mencegah kerusakan gigi	Air Minum
8.	Cl	Pembentukan asam lambung	Makanan Laut

### 2.3.1. Besi (Fe) <sup>(6)(7)</sup>

Mineral besi banyak ditemukan pada hijauan seperti polong-polongan dan kulit bijian. Mineral besi biasanya didapatkan dari produk asal hewan seperti tepung daging, darah dan ikan. Hampir semua hijauan pakan ternak mengandung mineral besi, tetapi kandungan unsur ini bervariasi tergantung pada kondisi keasaman tanah dan tanah tempat tanaman tumbuh.

Mineral besi merupakan komponen hemoglobin, mioglobin, sitokrom dan enzim peroksidase. Persentase banyaknya zat besi yang dapat diserap oleh tubuh, sangat dipengaruhi oleh bentuk mineral besi dalam makanan, zat yang menghambat dan zat yang meningkatkan penyerapan mineral tersebut. Zat yang dapat meningkatkan penyerapan mineral besi adalah vitamin C, sedangkan zat yang dapat menghambat penyerapan mineral besi adalah asam fitat dan asam oksalat yang terdapat pada sereal dan kacang-kacangan.

### 2.3.2. Seng (Zn) <sup>(6)(7)</sup>

Mineral seng merupakan unsur yang esensial bagi tanaman, hewan dan manusia. Tanaman menyerap seng dalam bentuk ion  $Zn^{2+}$ . Kekurangan unsur ini dalam tanaman akan menyebabkan daun muda menjadi kuning (klorosis).

Tubuh manusia mengandung kurang lebih 1,5 gram seng. Hati, ginjal, tulang, prostat, rambut, kuku dan otot merupakan jaringan yang kaya akan seng. Ion seng berperan dalam proses metabolisme prostaglandin dan membantu terhadap fungsi lebih dari 70 enzim dari berbagai spesies.

#### 2.4. Metode destruksi<sup>(8)(9)</sup>

Destruksi merupakan suatu metode perlakuan awal yang bertujuan untuk menguraikan atau merombak logam organik menjadi logam anorganik bebas.

Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam metode destruksi antara lain :

- Sifat sampel dan unsur logam yang terkandung di dalam sampel.
- Jenis logam yang akan dianalisis.
- Metode instrumentasi yang digunakan untuk penentuan logam.

Pemilihan metode destruksi sangat mempengaruhi keberhasilan suatu analisis, terutama analisis dengan instrumentasi spektroskopi serapan atom, karena metode ini hanya dapat menganalisis dengan baik jika sampel berupa larutan jernih.

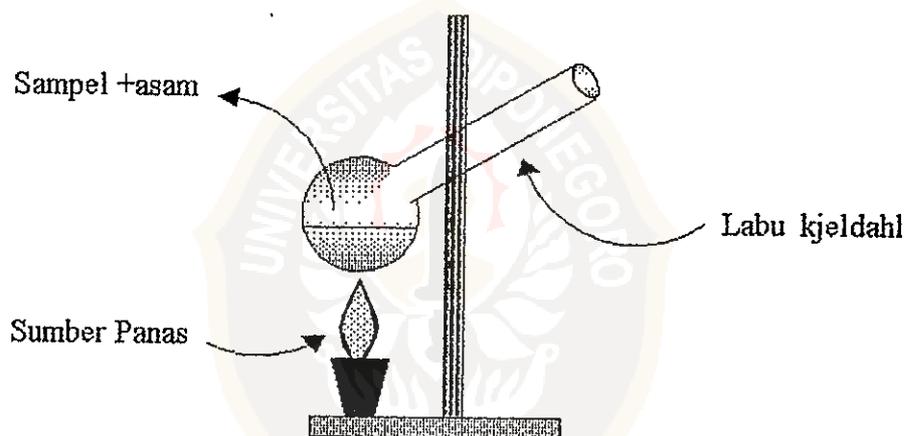
Secara umum tujuan destruksi adalah untuk :

- Memperoleh unsur sampel dalam bentuk yang sesuai dengan metode yang digunakan.
- Mengurangi gangguan dari unsur lain.
- Membuat konsentrasi unsur yang terdapat dalam sampel berada dalam batas-batas yang diperlukan.

Destruksi dapat dilakukan dengan cara pengabuan basah atau dengan pengabuan kering. Destruksi pengabuan basah dilakukan dengan cara melarutkan sampel dalam pelarut asam, sedangkan destruksi pengabuan kering dilakukan dengan cara pemanasan sampel pada suhu tinggi sampai diperoleh abu kering, kemudian dilanjutkan pelarutan dengan pelarut asam. Kedua jenis metode destruksi ini memiliki teknik pengerjaan, kelemahan dan keakuratan yang berbeda.

### 2.4.1. Metode destruksi basah

Destruksi basah adalah proses perombakan logam organik dengan asam kuat baik tunggal maupun campuran, kemudian dioksidasi dengan menggunakan zat oksidator, sehingga dihasilkan logam anorganik bebas. Destruksi basah sangat sesuai untuk penentuan unsur-unsur logam yang mudah menguap. Pelarut-pelarut yang dapat digunakan untuk destruksi basah adalah  $\text{HNO}_3$  dan  $\text{HClO}_4$ . Pelarut-pelarut tersebut dapat digunakan secara tunggal atau dikombinasikan dengan asam-asam mineral. Pada umumnya pelaksanaan kerja destruksi basah dilakukan dengan cara melarutkan sampel dalam labu kjeldahl.



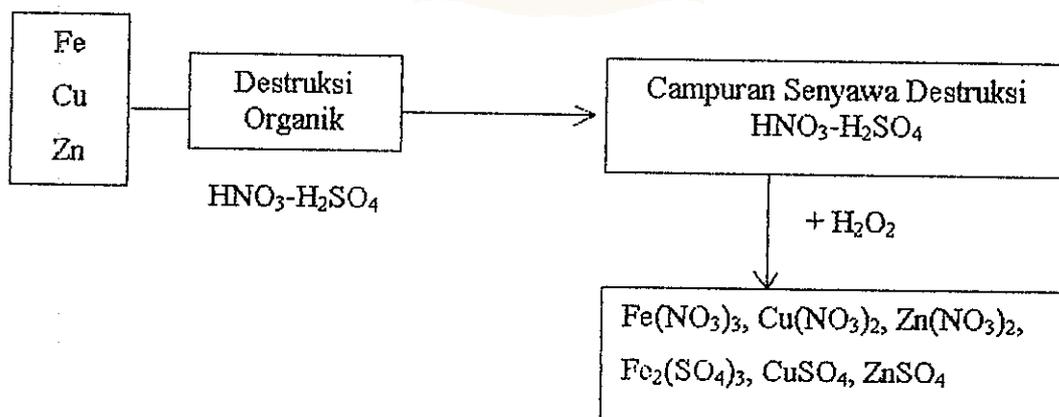
Gambar 2.1. Instrumen Labu Kjeldahl untuk destruksi basah

Menurut Carius dan Fontes, destruksi dengan pelarut campuran memberikan hasil yang lebih baik dibanding dengan pelarut tunggal. Proses destruksi akan lebih pendek dan lebih sempurna dengan menggunakan campuran  $\text{HNO}_3$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  serta suhu pemanasan tidak melebihi  $300\text{ }^\circ\text{C}$ . Kemungkinan hilangnya unsur-unsur akibat penguapan dalam sistem ini akan lebih kecil.

Menurut Anderson,  $H_2SO_4$  merupakan reagensia pengoksidasi dan pendehidrasi dengan titik didih yang cukup tinggi, akan tetapi dapat meninggalkan residu hitam jika digunakan secara tunggal dan menyebabkan hilangnya unsur-unsur dalam bentuk hidrida.  $HNO_3$  merupakan reagensia pengoksidasi yang sangat kuat, sehingga sangat sesuai untuk mendekomposisi sampel organik, akan tetapi titik didih yang rendah dari  $HNO_3$  menyebabkan asam ini mudah hilang karena pemanasan, oleh karena itu penggunaan asam ini harus dikombinasi dengan asam lain seperti HCl atau  $H_2SO_4$ .

Gorsuch telah menggunakan pelarut campuran  $HNO_3$  dan  $H_2SO_4$  dengan penambahan  $H_2O_2$ , sistem ini memberikan nilai pungut ulang (*recovery*) cukup baik untuk logam-logam Ca, Cd, Co, Cr, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, Te, In, dan Hg.

Benzo dan Velosa telah melakukan penelitian terhadap berbagai jenis buah-buahan dan jaringan tumbuh-tumbuhan dengan menggunakan campuran  $HNO_3$  dan  $H_2SO_4$  ( 3 : 1 ) serta larutan  $H_2O_2$  sebagai oksidator. Nilai pungut ulang logam-logam yang dianalisis cukup baik. Bentuk mekanisme perombakan senyawa organik yang terjadi dengan campuran asam-asam kuat, disajikan dalam skema sebagai berikut



Kesempurnaan destruksi basah ditandai dengan diperolehnya larutan jernih pada larutan sampel, yang menunjukkan bahwa semua konstituen yang ada telah larut sempurna atau perombakan senyawa-senyawa organik menjadi senyawa-senyawa anorganik telah sempurna <sup>(9)(10)(11)</sup>.

#### 2.4.2. Metode destruksi kering <sup>(12)(13)</sup>

Destruksi kering merupakan perombakan logam-logam organik dalam sampel menjadi logam-logam anorganik bebas dengan cara pengabuan sampel dalam furnace pada suhu dan waktu tertentu. Destruksi ini dapat digunakan untuk material dalam tanaman seperti kayu, kulit kayu, buah, akar, tangkai dan daun. Kontaminasi pada destruksi kering lebih sedikit dibandingkan destruksi basah. Pada umumnya destruksi kering membutuhkan suhu pemanasan antara 400 – 800, tergantung jenis sampel yang akan dianalisis.

Menurut Aurand <sup>(14)</sup>, ketika sampel organik ataupun anorganik didestruksi pada suhu tinggi (500 – 600 °C), residu yang tertinggal adalah abu. Residu abu terdiri dari senyawa-senyawa oksida dan garam-garam yang mengandung anion-anion dan kation-kation seperti fosfat, klorida, sulfat, halida seperti natrium, kalsium, magnesium, kadmium, besi, seng dan mangan. Beberapa logam seperti Pb dan kadmium dapat teruapkan selama proses pengabuan, sehingga untuk menentukan suhu pengabuan dengan sistem ini, terlebih dahulu ditinjau jenis logam yang akan dianalisis.

Untuk logam-logam yang mudah menguap, maka perlakuan dengan metode destruksi kering tidak akan memberikan hasil yang akurat. Hal ini disebabkan karena logam-logam tersebut, sebagian besar akan hilang ketika sampel diabukan pada suhu tinggi. Pengabuan pada suhu di atas 450 °C, akan menyebabkan hilangnya unsur-unsur tertentu seperti seng, kadmium dan selenium.

Untuk logam-logam yang dapat membentuk oksida stabil, maka perlakuan awal dengan metode destruksi kering dapat memberikan hasil yang baik. Oksida-oksida stabil yang terbentuk, kemudian dilarutkan ke dalam pelarut asam baik tunggal maupun campuran, setelah itu dianalisis menurut metode instrumentasi yang digunakan.

## 2.5. Pelarutan Sampel <sup>(13)</sup>

### a. Pelarutan dengan asam klorida (HCl)

Mineral-mineral yang mengandung CO<sub>2</sub> dapat larut dalam HCl dingin atau larut cepat dengan memanaskan pada temperatur tinggi. Kelebihan HCl dapat diuapkan. Residu dan bagian yang tidak larut disaring dan dilarutkan kembali. Pelarutan dengan HCl ini dapat digunakan untuk logam aktif atau yang cukup aktif.

### b. Pelarutan dengan Asam Nitrat (HNO<sub>3</sub>)

Pelarut dapat melarutkan mineral-mineral yang memerlukan oksidasi, seperti mineral karbonat dan beberapa mineral sulfida. Kegunaan lain yaitu untuk penentuan logam berat yang terdapat sebagai sulfidanya seperti tembaga, seng, timbal, timah hitam dan kobal.

c. Pelarutan dengan HCl – HNO<sub>3</sub>

Pelarut ini berfungsi untuk melarutkan logam-logam kurang aktif seperti emas, platina, perak, tembaga dan air raksa. Perbandingan HCl : HNO<sub>3</sub> yang biasa digunakan adalah 1:1, 2:1, 3:1. Efektifitas pelarutan dapat dipertinggi dengan pelarutan dalam tabung tertutup rapat.

d. Pelarutan dengan pelarut-pelarut lain

Asam-asam klorida dan nitrat merupakan yang paling umum digunakan untuk melarutkan berbagai jenis sampel. Ion klorida bukan pengoksidasi sekuat nitrat, tetapi ion klorida mempunyai kecenderungan yang kuat untuk membentuk kompleks yang larut dengan banyak unsur. Suatu pelarut yang sangat kuat yaitu aqua regia diperoleh dari campuran antara HCl dengan HNO<sub>3</sub> (3 : 1).

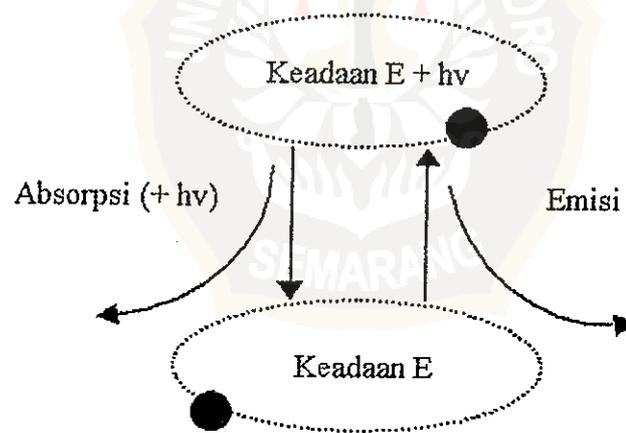
## 2.5. Metode spektroskopi serapan atom

Spektroskopi serapan atom merupakan metode analisis instrumen yang didasarkan pada proses penyerapan energi sinar monokromatis pada panjang gelombang tertentu oleh suatu medium populasi uap atom netral yang ditentukan.

Spektroskopi serapan atom merupakan metode instrumentasi yang dipilih untuk menentukan kadar logam dalam sampel yang cukup kompleks, karena metode ini pengerjaannya cepat, sensitif, spesifik dan dapat digunakan untuk penentuan kadar logam yang konsentrasinya sangat kecil (*part per million*) tanpa harus dipisahkan terlebih dahulu<sup>(15)</sup>,

### 2.5.1. Prinsip dasar <sup>(16)</sup>

Atom tersusun atas inti yang dikelilingi oleh sebuah atau beberapa buah elektron. Setiap atom memiliki jumlah elektron tertentu yang terikat oleh inti atom dan elektron-elektron itu ada di dalam daerah dalam ruang di sekitar inti atom. Pada energi rendah, sebagian besar elektron berada pada keadaan stabil yang disebut dengan keadaan dasar (*ground state*) yang merupakan keadaan konfigurasi normal dari suatu atom. Jika energi dikenakan pada atom tersebut, maka energi akan diabsorpsi oleh atom dan elektron terluar akan dipromosikan ke konfigurasi yang kurang stabil atau keadaan eksitasi. Oleh karena keadaan ini tidak stabil, elektron tersebut akan segera kembali ke keadaan awal yang lebih stabil dan energi radiasi yang besarnya tepat sama dengan energi mula-mula yang terserap dalam proses eksitasi akan diemisikan.



Gambar 2.2. Transisi yang terjadi diantara dua tingkat energi

Panjang gelombang pancaran energi radiasi secara langsung berhubungan dengan transisi elektron yang ditempatkan. Jika tiap unsur mempunyai struktur elektron khas, maka panjang gelombang yang dipancarkan juga khas untuk tiap unsur

Energi yang digunakan untuk proses eksitasi dapat diatur dan digunakan untuk tujuan analisis. Dari proses di atas dapat dihasilkan suatu spektrum emisi yang karakteristik sehingga dapat digunakan untuk identifikasi kualitatif, selain itu juga dapat digunakan untuk analisis kuantitatif.

### 2.5.2. Hukum Absorpsi

*Hukum Bouger (Lambert)*. Hubungan antara absorpsi radiasi dan panjang jalan yang melalui medium penyerap pertama kali dirumuskan oleh Bouger (1729) dan Lambert (1768).

Penemuan Bouger secara matematik dapat dirumuskan sebagai berikut

$$-\frac{dP}{db} = K_1 \cdot P \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan

P adalah energi radiasi yang datang dari suatu medium setebal b satuan.

Bila persamaan ini diintegrasikan antara batas-batas  $P_0$  dan P dengan tebal medium antara 0 dan b maka akan diperoleh persamaan

$$\log \frac{P_0}{P} = K_2 \cdot b \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan

$P_0$  adalah energi radiasi mula-mula.

$$K_2 = K_1 / 2,303$$

*Hukum Beer.* Hubungan antara besarnya konsentrasi dan absorpsi dirumuskan oleh Beer (1859). Hukum Beer dapat dirumuskan secara matematik sebagai berikut

$$-\frac{dP}{dC} = K_3 \cdot P \dots\dots\dots(2.3)$$

Setelah diintegrasikan dan diubah ke dalam bentuk logaritma biasa, persamaan 2.3 akan menjadi

$$\log \frac{P_0}{P} = K_4 \cdot C \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan

C adalah konsentrasi penyerap.

*Hukum Bouger (Lambert) – Beer.* Hukum ini merupakan gabungan dari hukum Lambert dan Beer, persamaan ini dapat ditulis:

$$\log \frac{P_0}{P} = K \cdot b \cdot c \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan

$\log P_0/P$  adalah absorbansi (A).

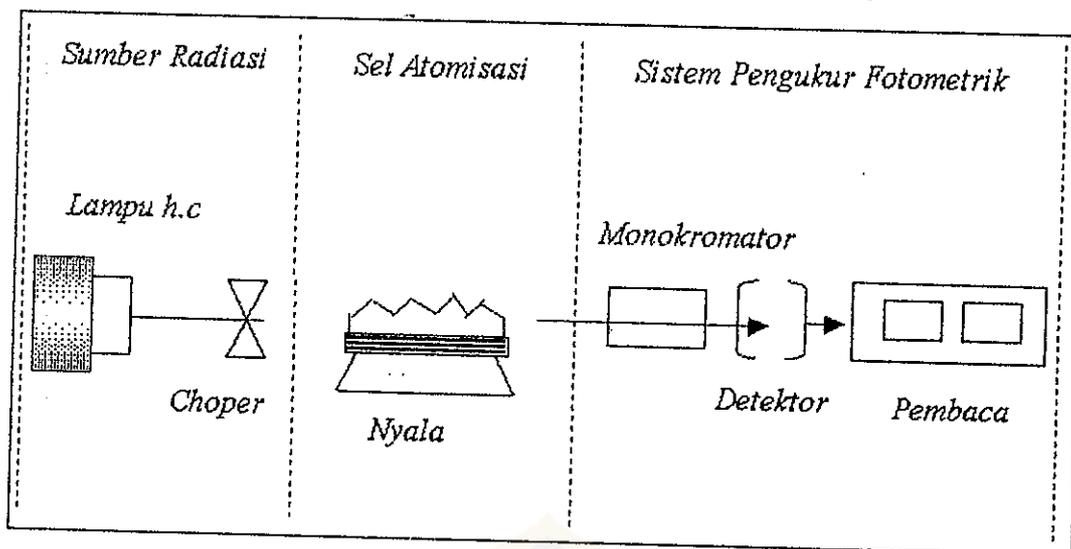
K adalah konstanta

b adalah panjang jalan medium penyerap (cm).

c adalah konsentrasi zat terlarut yang menyerap.

### 2.5.3. Cara kerja FAAS

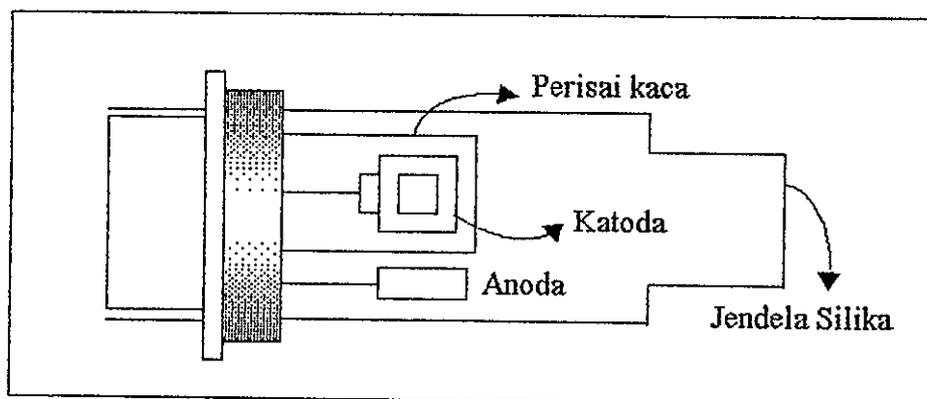
Skema instrumentasi spektrometer serapan atom nyala adalah sebagai berikut



Gambar 2.3. Skema instrumentasi spektrometer serapan atom nyala

Setiap alat FAAS terdiri dari tiga komponen berikut :

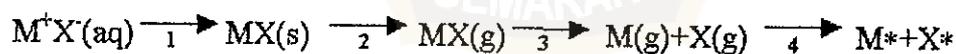
*Sumber Cahaya/Radiasi.* Suatu atom menyerap sinar pada panjang gelombang spesifik yang sudah tertentu dan sangat sempit. Untuk dapat mengukur serapan sinar sempit ini diperlukan sumber sinar yang memancarkan sinar dengan panjang gelombang spesifik yang tepat sama dengan sinar yang diperlukan oleh atom yang akan menyerap tersebut. Penggunaan sumber sinar yang sempit ini tidak hanya memberikan sensitifitas yang tinggi, tetapi juga akan menghindari atau meminimalkan teknik serapan atom dari interferensi spektra. Sumber cahaya yang biasa digunakan untuk alat FAAS adalah lampu katoda berongga (*hollow-cathode lamp*).



Gambar 2.4. Bagan lampu katoda berongga

*Unit Atomisasi.* Merupakan tempat terjadinya proses atomisasi atau pembakaran yang berfungsi untuk mengatomisasi logam sehingga dapat menyerap energi radiasi yang diberikan. Larutan cuplikan disemprotkan dalam nyala api dengan menggunakan nebulizer yang berfungsi sebagai pengabut. Larutan masuk ke dalam pengabut dan pada saat menumbuk bola gelas akan terpisah menjadi butiran-butiran kecil dan halus, kemudian masuk ke dalam nyala api bersama gas pembakar. Agar proses atomisasi sempurna, temperatur harus terkendali dengan baik.

Proses yang terjadi dalam nyala api adalah sebagai berikut:



Keterangan : (1) Penguapan pelarut

(2) Penguapan padatan

(3) Disosiasi menjadi atom-atom

(4) Eksitasi atom

*Sistem Pengukur Fotometrik*. Dalam bagian ini terdiri dari beberapa alat :

a. Monokromator

Monokromator berfungsi untuk memisahkan radiasi dari lampu katoda yang telah melalui pembakar dengan radiasi-radiasi lain yang dihasilkan oleh pembakar, sehingga radiasi yang diteruskan menuju detektor merupakan radiasi monokromatis.

b. Detektor

Detektor dalam sistem instrumen spektroskopi serapan atom berfungsi sebagai pengolah cahaya radiasi menjadi sinyal listrik.

c. Amplifier (penguat sinyal)

Amplifier berfungsi sebagai penguat sinyal listrik yang dihasilkan oleh detektor.

d. Pencatat

Pencatat berfungsi sebagai pengubah sinyal listrik dari detektor menjadi tampilan-tampilan tertentu, sehingga nilai absorbansi dapat dibaca <sup>(15)</sup>(16).

