

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bahan Makanan Sayur

Dalam tubuh manusia untuk pertumbuhannya memerlukan zat gizi dari luar yang berupa makanan. Bahan makanan tersebut berasal dari hewan atau tumbuh-tumbuhan. Karena makanan yang berasal dari hewan mengandung banyak lemak yang akan menyebabkan berbagai macam penyakit, maka dewasa ini dianjurkan untuk mengkonsumsi makanan yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yaitu sayuran dan buah-buahan. Di samping mengandung zat gizi yang cukup, sayuran juga bisa menekan resiko berkembangnya berbagai bentuk penyakit kanker ⁷⁾.

2.1.1. Sayuran Bayam

Bayam atau nama ilmiahnya "*Amaranthus Sp*" termasuk golongan tanaman semak atau perdu ⁶⁾. Tanaman ini dapat tumbuh sepanjang tahun baik di dataran rendah maupun didataran tinggi. Tanaman bayam berkembang biak dengan bijinya. Bayam sangat digemari oleh masyarakat sebagai bahan makanan sayur. Selain enak rasanya, bayam mudah diperoleh, dan harganya murah. Bayam juga mengandung unsur mineral yang dibutuhkan oleh tubuh.

Ada beberapa jenis bayam yang banyak kita kenal antara lain ⁶⁾: bayam cabut (*Amaranthus tricolor*,L), bayam kakap (*Amaranthus hybridus*,L), dan bayam duri (*Amaranthus spinosus*,L).

Bayam cabut berdaun kecil, agak tebal dan lunak. Adapun jenis bayam kakap mempunyai ciri batangnya bercabang, warna daunnya hijau, hijau kemerahan, dan merah tua. Untuk bayam duri, bagian batangnya berduri dan berdaun kasar. Bayam duri pada umumnya tidak dimakan dan tumbuhnya liar.

Komposisi zat gizi yang terdapat dalam 100 gr bayam dapat dilihat pada tabel II.1.

TABEL II.1. Komposisi Zat Gizi Dalam 100 gr Bayam ⁵⁾.

Nama Bahan	Protein (g)	Karbohidrat (g)	Abu (g)	Ca (mg)	Fe (mg)	karetan (mkg)	Vitamin			Air g
							A SI	B ₁ mg	C mg	
Bayam segar	0,9	0,4	2,9	239	3,5	2293	0	0,4	41	94 %
Bayam Rebus	1,2	0,6	3,7	166	2,5	2864	0	0,2	32	93 %

2.2. Mineral Dalam Bahan Makanan

Dalam ilmu gizi diketahui bahwa unsur mineral mempunyai peranan dalam proses metabolisme. Tubuh manusia tidak dapat mensintesa unsur-unsur mineral yang dibutuhkan maka untuk mencukupi kebutuhannya harus dipenuhi dari luar yaitu melalui bahan makanan. Menurut kebutuhannya mineral dalam tubuh dapat dibagi dua yaitu:

1. Makro nutrien : P, Ca, K, Na, Cl, S, Mg
2. Mikro nutrien : Fe, Zn, Mn, I, Cu

Mengenai fungsi mineral dalam tubuh dan sumber dari bahan makanan disebutkan dalam tabel II.2

Tabel II. 2. Ikhtisar Tentang Unsur Mineral Dalam Tubuh 3)

Unsur	Fungsi dalam tubuh	Sumber makanan
Kalsium (Ca)	pembentukan tulang, gigi	susu, ikan
Fosfor (P)	pembentukan tulang, gigi keseimbangan asam basa dalam darah	susu, daging
Besi (Fe)	pembentukan hemoglobin darah	hati, sayuran hijau
Tembaga (Cu)	oksidasi	hati, daging
Natrium (Na)	mengatur tekanan osmosa	garam dapur
Klor (Cl)	pembentukan asam klorida dari getah lambung	makanan dari laut, garam
Flour (F)	mencegah kerusakan gigi	air minum
Belerang (S)	diperlukan semua sel	makanan yang berprotein

2.2.1. Zat Besi (Fe)

Zat besi merupakan salah satu unsur mineral yang diperlukan oleh tubuh meskipun dalam jumlah yang sedikit. Dalam bahan makanan zat besi merupakan bagian dari ikatan organik yang bersifat kompleks. Di dalam tubuh manusia dewasa terdapat 4,5 mg zat besi yang sebagian besar (hampir 75 %) terdapat dalam hemoglobin darah, zat warna otot, dan pada enzim. Adapun sisanya tersimpan dalam hati, sumsum tulang, dan limfa. Kelebihan zat besi akan menyebabkan gangguan pada jantung .

7)

Kebutuhan akan zat besi dalam tubuh manusia sangat berbeda, tergantung pada umur dengan keadaan lingkungan yang berbeda. Kebutuhannya tergantung pertumbuhan jaringan dan sintesis hemoglobin, keperluan untuk mengganti kehilangan besi dalam urin, keringat, feses, atau pada waktu menstruasi. Pada pria yang sehat rata-rata akan kehilangan sekitar 1 mg zat besi setiap hari. Wanita dewasa yang sehat rata-rata akan kehilangan sekitar 1,5 mg zat besi dalam sehari.

Sumber-sumber bahan makanan hewani yang kaya akan zat besi dan baik diserapnya antara lain hati, daging sapi, daging kambing dan kelinci. Dari sumber nabati seperti sereal (biji-bijian), kacang-kacangan, dan sayuran hijau. Bayam dan kangkung merupakan jenis bahan makanan sayuran yang kaya akan kandungan unsur besi.

Zat besi ini mempunyai hubungan yang erat dengan sel darah merah dalam pembentukan hemoglobin yaitu suatu protein terkonjugasi yang berfungsi untuk mentransportasi oksigen. Peranan besi dalam tubuh hampir semuanya terbatas pada proses pernafasan sel. Jadi sel darah merah mempunyai fungsi untuk mengangkut zat oksigen ke seluruh bagian tubuh yang diperlukan untuk proses oksidasi dan metabolisme dalam tubuh⁴⁾.

Banyaknya zat besi yang dianjurkan oleh ahli gizi setiap harinya adalah ⁷⁾ :

- Bayi : 10-15 mg
- Anak-anak : 15 mg
- Orang dewasa : 20 mg

Apabila simpanan zat besi di dalam tubuh habis maka tidak dapat dihindarkan bahwa anemia akan terjadi. Anemia disebabkan oleh kurangnya sel darah merah yang merupakan bagian penting bagi tubuh kita. Sel darah merah berfungsi utama sebagai alat transportasi dalam tubuh. Ia membawa oksigen dari paru-paru ke seluruh tubuh, di mana sangat diperlukan untuk proses metabolisme dalam setiap sel untuk menghasilkan energi yang sangat penting untuk kehidupan.

2.2.2. Kalsium (Ca)

Kalsium merupakan mineral yang terdapat dalam tubuh dalam jumlah yang paling banyak dari pada unsur mineral lainnya. Sembilan puluh sembilan persen kalsium berada dalam tulang, di mana dipertahankan sebagai endapan yaitu hidroksilapatit. Kebutuhan kalsium dalam tubuh tergantung dari usia. Pada bayi sangat diperlukan untuk pertumbuhan tulang dan gigi. Sedangkan pada orang dewasa kebutuhan kalsium harus diperbanyak karena dapat mencegah "osteomalasia" dan "osteoporosis" yaitu tulang mudah retak, patah dan keropos⁷⁾.

Kebutuhan kalsium dalam tubuh setiap harinya rata-rata adalah sebagai berikut :

- Bayi (0-5 tahun) : 360-540 mg/hari
- Anak-anak (1-18 tahun) : 800- 1200 mg/hari
- Orang dewasa : 800 mg/hari.

Sumber kalsium yang baik adalah susu. Selain itu dapat diperoleh dari kacang-kacangan, dan sayur-sayuran. Kelebihan kalsium dalam tubuh akan menyebabkan hiperkalsiemia pada serum dan gangguan pada ginjal⁷⁾.

2.3. Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Spektroskopi Serapan Atom (SSA) adalah suatu metode analisis kimia secara instrumental berdasarkan pengukuran absorpsi energi radiasi oleh atom netral dalam keadaan gas¹⁾. Pengubahan unsur logam suatu cuplikan dari larutan menjadi uap terdisosiasi dapat dilakukan oleh energi panas, baik dengan nyala maupun dalam tungku listrik.

2.3.1. Prinsip Analisis SSA

Secara sederhana spektroskopi serapan atom merupakan suatu metoda analisis yang berdasarkan proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom dalam keadaan dasar. Penyerapan tersebut menyebabkan tereksitasinya elektron dalam kulit atom ke tingkat energi yang lebih tinggi. Metoda analisis ini sangat selektif karena frekuensi radiasi yang diserap karakteristik untuk setiap unsur.

Bila suatu atom diberi sejumlah energi, maka energi tersebut akan diserap oleh atom itu dan elektron yang berada pada bagian luar akan tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi. Keadaan ini dikenal dengan keadaan tereksitasi. Pada peristiwa eksitasi dan kembalinya elektron dari keadaan tereksitasi ke keadaan dasar terjadi perubahan energi.

Perubahan energi elektron tadi harus sesuai dengan energi sinar yang diserapnya, sesuai dengan rumus Planck yaitu :

$$E = h \nu = \frac{h c}{\lambda} \dots \dots \dots (1)$$

Transisi antara dua tingkat energi, misalnya E_0 ke E_1 berhubungan dengan penyerapan energi sinar, dan selisih energi yang diserap dirumuskan oleh Bohr :

$$\Delta E = E_1 - E_0 = h \nu = h \frac{c}{\lambda} \dots\dots\dots (2)$$

Di mana :

E_0 : Energi tingkat dasar

E_1 : Energi tingkat eksitasi

c : kecepatan cahaya

h : tetapan Planck ($6,624 \cdot 10^{-34}$ J dt)

ν : frekwensi

λ : panjang gelombang

Eksitasi elektron ke arah orbital yang lebih tinggi dapat dilakukan oleh panas nyala. Umur atom yang tereksitasi sangat pendek (10^{-9} dt) dan bila kembali ke keadaan dasar akan terjadi emisi suatu kuantum radiasi.

Perbandingan jumlah atom yang tereksitasi sampai tingkat energi tertentu diberikan oleh persamaan Boltzman sebagai berikut :

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{g_1}{g_2} \exp \left(- \frac{\Delta E}{k T} \right) \dots\dots\dots (3).$$

Di mana :

- N_1 : Jumlah atom dalam keadaan dasar
 N_2 : Jumlah atom dalam keadaan tereksitasi
 g_1, g_2 : Faktor statistik dalam keadaan dasar dan tereksitasi
 k : Tetapan Boltzman ($1,38 \times 10^{-28} \text{ J K}^{-1}$)
 ΔE : Perbedaan energi keadaan dasar dan keadaan tereksitasi
 T : Temperatur sistim dalam Kelvin

2.3.2. Hubungan Intensitas Radiasi Dengan Konsentrasi

Bila sinar dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan pada populasi atom yang berada pada tingkat energi dasar, maka sinar itu akan diserap dan serapannya akan berbanding langsung dengan jumlah atom. Dengan mengukur intensitas radiasi yang diteruskan (transmitansi) atau mengukur intensitas radiasi yang diserap (absorbansi), maka unsur yang dianalisis dapat ditentukan.

Jika seberkas sinar dengan intensitas mula-mula I_0 dilewatkan melalui sel dengan panjang b yang mengandung konsentrasi c , maka sebagian sinar akan diserap dan intensitas sinar yang sampai ke detektor menjadi I . Hubungan ini dinyatakan oleh Lambert dalam persamaan :

$$dI = - k I c db \dots \dots \dots (4)$$

Di mana k adalah konstanta koefisien serapan.

Apabila persamaan (4) diintegrasi, maka menjadi :

$$\int_{I_0}^{I_t} \frac{dI}{I} = -k \int_0^b c \, db$$

$$\ln \frac{I_t}{I_0} = -k \, b \, c$$

$$2,303 \log \frac{I_t}{I_0} = -k \, b \, c$$

$$\log \frac{I_t}{I_0} = - \frac{k}{2,303} \, b \, c \dots\dots\dots(5)$$

$$\log \frac{I_t}{I_0} = -a \, b \, c \dots\dots\dots(6)$$

Di mana a : tetapan absorpsivitas

Sedangkan $\frac{I_t}{I_0} = T$ dan $A = \log \frac{I_0}{I_t}$

A : Absorbansi

T : Transmittansi

Maka persamaan (6) menjadi :

$$\log \frac{I_t}{I_0} = \log T = -a \, b \, c$$

atau $A = a \, b \, c$

2.3.3. Destruksi Cuplikan

Pemilihan metode destruksi cuplikan sangat mempengaruhi keberhasilan suatu analisis. Analisis dengan metode spektroskopi serapan atom hanya dapat menganalisis berupa larutan jernih. Tujuan dari destruksi cuplikan adalah :

1. Untuk memperoleh sampel di dalam bentuk yang sesuai dengan metode yang digunakan.
2. Mengurangi gangguan dari unsur-unsur lain.
3. Membuat konsentrasi unsur yang terdapat dalam cuplikan berada dalam batas-batas yang diperlukan

Destruksi dapat dilakukan dengan asam-asam mineral atau dengan pengabuan kering. Destruksi dengan asam mineral dilakukan dengan cara cuplikan dilarutkan dalam asam-asam mineral, sedangkan destruksi dengan pengabuan kering dilakukan dengan cara pemanasan cuplikan pada suhu tinggi, kemudian dilarutkan dengan asam-asam mineral.

Destruksi cuplikan dibagi menjadi dua kategori yaitu destruksi basah dan destruksi kering²⁾.

1. Destruksi Basah

Dalam destruksi cara basah, cuplikan direaksikan dengan asam mineral dan oksidator kuat. Penggunaan asam nitrat sebagai oksidator cukup luas terutama untuk cuplikan yang banyak mengandung bahan organik⁹⁾, kadang-kadang dikombinasikan dengan asam pengoksidasi yang lain seperti asam sulfat dan perklorat.

2. Destruksi Kering

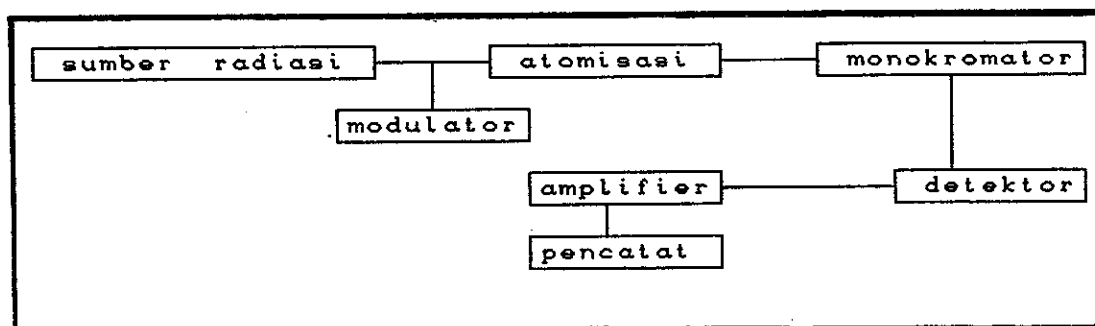
Destruksi cara kering biasanya dilakukan dengan pengabuan pada suhu relatif tinggi. Pemanasan dilakukan pada suhu 500°C sampai cuplikan menjadi putih. Pemanasan pada suhu tinggi akan mempercepat proses destruksi, kemudian dilanjutkan dengan pelarutan dengan asam-asam mineral.

2.3.4. Cara Kerja Spektroskopi Serapan Atom

Suatu alat spektroskopi serapan atom terdiri dari komponen-komponen berikut²⁾ :

1. Sumber radiasi
2. Unit atomisasi
3. Monokromator
4. Detektor
5. Amplifier
6. Pencatat

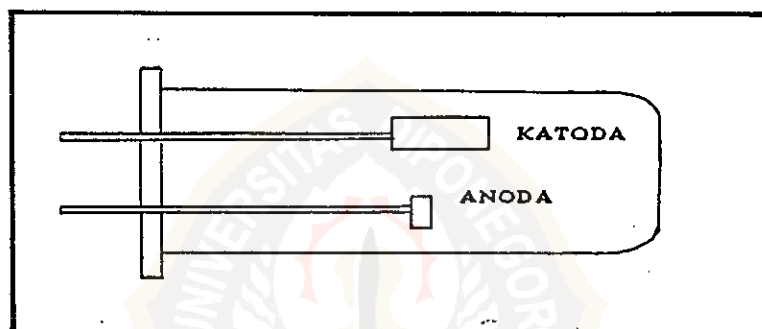
Skema alat spektroskopi serapan atom dapat dilihat pada gambar II.1.



Gb. II.1. Skema Alat SSA²⁾

1. Sumber Radiasi

Sebagai sumber radiasi berupa logam katoda rongga untuk menghasilkan sinar yang dapat memberikan garis emisi yang tajam dari suatu unsur yang spesifik. Lampu ini memiliki dua elektroda, pada bagian katodanya berbentuk silinder dan terbuat dari unsur yang sama dengan unsur yang dianalisis. Sedangkan bagian anodanya terbuat dari wolfram.



Gb. II.2. Lampu Katoda Berongga²⁾

Lampu ini diisi dengan gas mulia bertekanan rendah. Dengan pemberian tegangan pada arus tertentu, logam mulai memijar dan atom-atom logam katodanya akan teruapkan. Atom akan tereksitasi kemudian mengemisikan radiasi pada panjang gelombang tertentu.

Selain lampu, nyala api pada pembakar juga menghasilkan emisi radiasi. Nyala menghasilkan suatu spektra kontinyu sebagai akibat eksitasi molekuler dari molekul-molekul gas bakar dan suatu spektra dari atom cuplikan yang dihasilkan dari emisi radiasi karena kembali ke keadaan dasar. Sebagian dari emisi yang dihasilkan nyala ini persis sama dengan radiasi yang dihasilkan oleh

atom. Sehingga intensitas yang jatuh pada detektor I_D \neq
 $I_0 - I_a$, melainkan ditambah emisi dari nyala : $I_D =$
 $I_0 - I_a + I_e$.

Dimana :

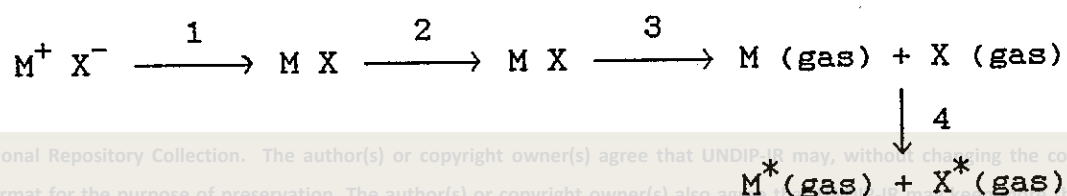
- I_D : Intensitas radiasi yang jatuh pada detektor
- I_0 : Intensitas radiasi mula-mula
- I_a : Intensitas radiasi yang di absorpsi
- I_e : Intensitas radiasi yang dihasilkan atom setelah kembali ke keadaan dasar ditambah emisi radiasi yang dihasilkan pembakar.

Untuk menghilangkan pengaruh penambahan emisi oleh pembakar dilakukan dengan memodulasi radiasi dari sumber radiasi.

2. Unit Atomisasi

Atomisasi dapat dilakukan dengan nyala api, tungku grafit atau penguapan. Suatu tipe atomisator nyala di mana bahan bakar oksidator dimasukkan dalam kamar pencampur kemudian menuju ke pembakar, maka nyala akan dihasilkan.

Larutan cuplikan disemprotkan ke dalam nyala api dengan menggunakan nebulizer yang juga berfungsi sebagai pengabut. Larutan masuk ke dalam pengabut dan terjadi pemisahan butiran-butiran cairan. Proses yang terjadi di dalam nyala api dapat digambarkan sebagai berikut :



- Keterangan :
1. Penguapan
 2. Penguapan padatan
 3. Disosiasi menjadi atom-atom penyusun
 4. Eksitasi atom karena penyerapan energi radiasi

Atomisasi dengan tungku grafit dilakukan dengan menggunakan energi listrik pada batang atau tabung karbon.

Atomisasi dengan penguapan banyak dilakukan untuk unsur-unsur Hg, As, Bi, Ge, Te, dan Sb. Atomisasi dengan penguapan dilakukan dengan pembentukan hidrida atau penguapan merkuri.

3. Monokromator

Monokromator dalam instrumentasi spektroskopi serapan atom berfungsi untuk memisahkan radiasi dari lampu katoda yang telah melalui pembakar dengan radiasi-radiasi lain yang dihasilkan oleh pembakar sehingga radiasi yang masuk ke dalam detektor merupakan radiasi monokromatis.

4. Detektor

Detektor dalam instrumen spektroskopi serapan atom berfungsi sebagai pengolah sinyal menjadi sinyal-sinyal listrik.

5. Amplifier

Amplifier atau penguat dalam spektroskopi serapan atom berfungsi sebagai penguat sinyal listrik yang dihasilkan oleh detektor.

6. Pencatat

Recorder atau pencatat dalam instrumen spektroskopi

serapan atom berfungsi untuk menampilkan bentuk sinyal listrik menjadi satuan yang dapat dibaca.

2.3.5. Interferensi

Meskipun spektroskopi serapan atom merupakan metode analisis instrumen yang canggih, tetapi penggunaan metode ini terdapat beberapa interferensi. Interferensi dalam SSA dapat dikategorikan sebagai berikut :⁹⁾

1. Interferensi Spektra

Interferensi spektra disebabkan oleh penindihan atau overlap antara frekuensi garis resonansi yang diselidiki dengan garis yang dipancarkan oleh beberapa unsur lain. Untuk menghindari hal tersebut digunakan celah spektra yang lebih kecil atau bekerja pada panjang gelombang yang lain.

2. Interferensi Kimia

Interferensi kimia terjadi bila unsur yang ditentukan mengadakan reaksi kimia dengan kation atau anion tertentu sehingga membentuk senyawa yang sukar diatomkan. Karena di dalam larutan standar tak ada kation atau anion pengganggu maka hasil perbandingan absorbansinya akan salah.

Interferensi kimia dapat dicegah dengan menggunakan nyala api yang lebih tinggi atau dengan penambahan zat kimia lain yang dapat melepaskan kation atau anion pengganggu dari ikatannya dengan unsur yang ditentukan. Misalkan adanya ion PO_4^{3-} atau SO_4^{2-} dalam suatu sampel akan mengganggu dalam analisa unsur Ca. Maka untuk mencegah hal ini ditambah garam Stronsium (Sr) ke dalam

sampel. Sehingga ion-ion dari PO_4^{3-} dan SO_4^{2-} terikat dengan Stronsium (Sr) membentuk garam yang sulit terionisasi.

3. Interferensi Matrik

Interferensi matrik terjadi karena viskositas cuplikan lebih besar dari larutan standar atau konsentrasi cuplikan terlalu besar. Akibatnya populasi atom tingkat dasar yang terjadi tidak sama, sehingga jumlah atom yang menyerap sinar akan berbeda.

Interferensi matrik dicegah dengan cara mengencerkan larutan cuplikan atau dilakukan dengan membuat keadaan fisik larutan standar sama dengan larutan cuplikan, yaitu suasana asam larutan standar sama dengan larutan cuplikan.

