

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sayuran

Sayuran merupakan bahan makanan yang berasal dari tumbuh-tumbuhan. Bagian tumbuhan yang dapat dimakan dan dijadikan sayur adalah daun, batang, bunga dan buah muda sehingga dapat dikatakan bahwa semua bagian tumbuhan dapat dijadikan sayur.

Sayuran juga dikenal sebagai bahan pangan yang mempunyai banyak khasiat bagi kehidupan manusia. Sayur mempunyai fungsi sebagai penyedia vitamin dan mineral (Fitria, 2013) yang sangat baik untuk tubuh, sayuran juga rendah lemak serta rendah kalori. Salah satu jenis sayuran dengan rendah kalori adalah brokoli (Sudarminto, 2015).

2.2 Brokoli

Brokoli (*Brassica oleracea* L.) adalah tanaman sayuran yang termasuk dalam suku kubis-kubisan (*Brassicaceae*). Tanaman ini memiliki bentuk bakal bunga yang mengembang membentuk telur lonjong dan berwarna hijau. Brokoli tersusun dari kuntum – kuntum bunga dengan tangkai yang tebal berwarna hijau tersusun rapat dengan batang tebal. Brokoli paling mirip dengan kembang kol, namun brokoli berwarna hijau, sedangkan kembang kol berwarna putih. Brokoli lebih sering kita temui di daerah yang sejuk, diantara dataran tinggi 1000 – 2000 m dpl, dan bertipe iklim basah (Swastika, 2014).

Dalam ilmu tumbuh – tumbuhan menurut Herbarium Medanense (2012), klasifikasi brokoli sebagai berikut :

Kingdom : *Plantae*
Divisi : *Spermathophyta*
Class : *Dicotyledone*
Ordo : *Capparales*
Famili : *Brassicaceae*
Genus : *Brassica*
Species : *Brassica oleracea* L.

Brokoli tersusun dari bunga-bunga, daun dan sifat pertumbuhan brokoli mirip dengan kubis bunga, bedanya daun brokoli agak keras dan berlapis lilin, daun terdalam yang kecil dari brokoli berfungsi untuk melindungi bunga yang baru terbentuk dari sinar matahari (Rubatzky, 1989).

Brokoli memiliki perakaran yang dangkal (20 cm – 30 cm) dan menyebar ke samping. Sistem perakaran yang dangkal itu membuat tanaman brokoli ini dapat tumbuh dengan baik apabila ditanam pada tanah yang gembur. Pada kondisi lingkungan yang sesuai, bunga brokoli dapat tumbuh memanjang menjadi tangkai bunga yang penuh dengan kuntum bunga. Biji brokoli memiliki bentuk dan warna yang hampir sama, yaitu bulat kecil berwarna coklat sampai kehitaman (Debora, 2014).

Tanaman brokoli bersifat menyerbuk silang dengan bantuan serangga. Putik masak lebih dahulu daripada tepung sarinya sehingga sulit terjadi penyerbukan sendiri. Penyerbukan silang pada keluarga *Brassicaceae* disebabkan

sifat self-incompatibility (tidak mampu melakukan penyerbukan sendiri) (Debora, 2014).

Brokoli merupakan salah satu jenis sayur yang sangat berguna bagi tubuh. Zat vitamin dan mineral yang dikandung dapat mencegah penyakit kanker, memperkuat saraf janin, meredakan stress atau depresi, dan baik untuk meremajakan kulit.



Gambar 2.1 Sayur Brokoli (Juna, 2014)

Tabel 2.1 Komposisi Kandungan Gizi pada Brokoli Setiap 100 gram

Komposisi gizi	Brokoli
Kalori (cal)	23,0
Protein(gr)	3,5
Lemak(gr)	0,2
Karbohidrat(gr)	2,0
Serat (gr)	-
Abu(gr)	-
Kalsium(mg)	78,0
Fosfor(mg)	74,0
Zat besi(mg)	1,0
Natrium(mg)	40,0
Kalium(mg)	360,0
Niacin(mg)	0,6
Vitamin A(S.I)	3800,0
Vitamin B1(mg)	0,1
Vitamin B2 (mg)	0,1
Vitamin C(mg)	110,0
Air(gr)	90,0

Sumber : Direktorat Gizi Dep. Kes. R. I. (1981)

Butuh kehati-hatian dalam mengolah brokoli, karena memasak brokoli dengan waktu yang lama akan menghilangkan kandungan yang ada di dalamnya. Brokoli cukup dimasak sebentar agar vitaminnya tidak rusak dan warnanya tetap menarik. Memasak brokoli terlalu matang membuat warnanya menjadi hijau kehitaman dan kadar nutrisinya hilang. Agar brokoli tetap hijau segar, rebus dengan air mendidih yang telah dicampur dengan $\frac{1}{2}$ sdt garam. Merebus brokoli akan menghilangkan 50% asam folat yang terkandung didalamnya, walaupun harus merebus brokoli, cukup 5 menit saja (Swastika, 2014).

2.3 Mineral

Mineral adalah elemen inorganik yang diperlukan untuk mempertahankan kesehatan. Mineral adalah bahan yang mempertahankan berbagai fungsi tubuh, termasuk pengaturan irama jantung, pembentukan tulang, dan fungsi pencernaan (Junaidi, 2010). Unsur ini digolongkan ke dalam mineral makro dan mineral mikro. Mineral makro adalah mineral yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah lebih dari 100 mg sehari, misalnya natrium, klor, kalsium, kalium, magnesium, sulfur dan fosfor, sedangkan mineral mikro dibutuhkan kurang dari 100 mg sehari, misalnya besi, iodium, mangan, tembaga, zink, kobalt dan fluor (Fitria, 2013).

Secara tidak langsung, mineral banyak yang berperan dalam proses pertumbuhan. Peran mineral dalam tubuh kita berkaitan satu sama lainnya, dan kekurangan atau kelebihan salah satu mineral akan berpengaruh terhadap kerja mineral lainnya (Debora, 2014).

2.3.1 Kalsium

Kalsium adalah massa unsur paling berlimpah ke-5 di dalam tubuh manusia, dimana kalsium pembawa pesan ionik selular yang umum dengan banyak fungsi, dan menyajikan juga sebagai unsur struktur dalam tulang. Kalsium adalah atom yang jumlahnya relatif tinggi dalam skeleton yang menyebabkan tulang merupakan *radio-opaque*. Dari komponen tubuh manusia yang padat setelah kering dan pembakaran organik, misalnya kremasi, kira-kira $\frac{1}{3}$ dari total massa mineral yang tersisa, hampir 1 kg kalsium yang menyusun rata-rata tulang sisanya, fosfor dan oksigen (Ansari, 2014).

Kalsium merupakan mineral terbanyak di tubuh kita khususnya penting untuk kesehatan tulang dan gigi. Terlibat dalam proses transmisi saraf ke otot, penting dalam proses pembekuan darah (Junaidi, 2010). Kadar kalsium mencapai jumlah 2% dari berat total tubuh, 99% kalsium tersebut berada dalam jaringan keras, tulang dan gigi, 1 % nya lagi berada dalam darah. Dari semua mineral yang dibutuhkan agar tetap awet muda, maka kalsium memegang peranan yang sangat penting. Tulang bukan hanya berfungsi sebagai kerangka bagi tubuh, mereka juga berfungsi sebagai “gudang” mineral tubuh (Debora, 2014).

2.3.2 Sumber Kalsium

Sumber kalsium terbagi dua, yaitu hewani dan nabati. Bahan makanan hewani yang mengandung kalsium antara lain adalah ikan, udang, susu, kuning telur, dan daging sapi. Sayangnya, jika dikonsumsi berlebihan bahan hewani ini, terutama daging sapi, bisa menghambat penyerapan kalsium, karena kadar proteinnya tinggi (Rusdianto, 2011).

Sumber utama kalsium nabati adalah yogurt tanpa lemak, keju, almond, kubis, bayam, brokoli, kangkung, kacang-kacangan dan buah-buahan (Junaidi, 2010). Suplemen Kalsium yang paling baik adalah dalam bentuk kalsium sitrat, kalsium glukonat, dan kalsium laktat.

2.3.3 Akibat Kekurangan Kalsium

Gejala awal kekurangan kalsium adalah lesu, banyak keringat, gelisah, sesak napas, berkurang daya tahan tubuh, kurang nafsu makan, sembelit, berak-berak, insomnia, kram (Rusdianto, 2011). Kekurangan kalsium pada masa pertumbuhan dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan. Tulang kurang kuat, mudah bengkok dan rapuh. Semua orang dewasa, terutama sesudah usia 50 tahun akan kehilangan kalsium dari tulangnya. Tulang menjadi rapuh dan mudah patah. Ini yang dinamakan osteoporosis yang dapat dipercepat oleh keadaan stres sehari-hari. Osteoporosis lebih banyak terjadi pada wanita dari pada laki-laki (Sitompul, 2009).

Pada usia tersebut, baik laki-laki maupun perempuan akan mengalami proses penyusutan massa tulang yang menyebabkan kerapuhan tulang (Debora, 2014). Masalah yang lebih buruk terjadi pada wanita, yang memiliki massa tulang lebih sedikit dibandingkan pria yang berarti cadangan kalsium dan mineral lain juga lebih sedikit, karenanya mudah terkena osteoporosis. Selain itu setelah menopause wanita tidak lagi menghasilkan cukup hormon estrogen, suatu hormon yang mempertahankan kalsium tubuh (Junaidi, 2010).

Osteoporosis (pengeroposan tulang) adalah suatu penyakit yang disebabkan oleh penurunan massa tulang akibat keseimbangan kalsium negatif di dalam tubuh (Fahmi, 2013).

2.3.4 Akibat Kelebihan Kalsium

Tubuh tidak dapat menyerap kalsium bila tidak memiliki cukup magnesium dan fosfor. Magnesium dan fosfor mengubah bentuk kalsium sehingga dapat diserap tubuh. Kalsium dan magnesium diedarkan oleh tubuh melalui albumin dalam darah. Terlalu banyak kalsium akan membuat magnesium terdesak dari albumin sehingga tidak tersalurkan lewat darah dan tubuh akan kekurangan magnesium. Bila tidak cukup mendapat magnesium, ginjal tidak dapat memproses kalsium sehingga dapat terjadi endapan batu ginjal. Selain fosfor dan magnesium, vitamin D, zinc dan zat besi juga diperlukan dalam pengolahan kalsium dan dapat terdesak peranannya oleh kalsium yang berlebihan. Jadi konsumsi kalsium, magnesium, fosfor, vitamin D, zinc dan zat besi harus berimbang agar tubuh tetap sehat (Rusdianto, 2011).

Tabel 2.2 Angka kecukupan kalsium yang dianjurkan untuk orang Indonesia (perorang perhari)

Kelompok umur	Kalsium	Kelompok umur	Kalsium
Bayi		Perempuan	
0 – 6 bulan	200	10 - 12 tahun	1200
7 – 11 bulan	250	13 - 15 tahun	1200
1 - 3 tahun	650	16 - 18 tahun	1200
4 - 6 tahun	1000	19 - 29 tahun	1200
7- 9 tahun	1000	30 - 49 tahun	1200
Laki – laki		50 - 64 tahun	1200
10 - 12 tahun	1200	65 - 80 tahun	1200
13- 15 tahun	1200	80+ tahun	1200
16 - 18 tahun	1200	Hamil (+an)	
19 - 29 tahun	1100	Trimester 1	+200
30 - 49 tahun	1000	Trimester 2	+200
50 - 64 tahun	1000	Trimester 3	+200
65 - 80 tahun	1000	Menyusui (+an)	
80+ tahun	1000	6 bln pertama	+200
		6 bln kedua	+200

Sumber : PMK RI NOMOR 75 TAHUN 2013

AKG adalah banyaknya masing-masing zat gizi esensial yang harus dipenuhi dari makanan mencakup hampir semua orang sehat untuk mencegah defisiensi zat gizi. AKG dipengaruhi oleh umur, jenis kelamin, aktivitas, berat badan, tinggi badan, genetika, dan keadaan fisiologis, seperti hamil atau menyusui. Peningkatan rekomendasi asupan kalsium dapat mencegah perburukan tulang.

2.3.5 Sifat Kimia Kalsium

Kalsium adalah sebuah elemen kimia dengan simbol Ca dan nomor atom 20. Mempunyai massa atom 40.078 amu. Dari sifat fisika kalsium diketahui titik leburnya 840 °C, dan titik didihnya 1484 °C. Kalsium merupakan salah satu logam alkali tanah, dan merupakan elemen terabaikan kelima terbanyak di bumi dan juga merupakan ion terabaikan kelima terbanyak di air laut dilihat dari segi molaritas dan massanya, setelah natrium, klorida, magnesium, dan sulfat. Logam ini digunakan sebagai agen pereduksi dalam mempersiapkan logam-logam lain semacam torium, uranium, dan zirconium (Rusdianto, 2011).

2.3.6 Senyawa Kalsium dan Kegunaannya

1. Kalsium karbonat ($\text{Ca}(\text{CO}_3)$)

Digunakan dalam pembuatan semen dan mortir, kapur, batu gamping (biasanya digunakan dalam industri baja) dan membantu dalam produksi industri kaca. Senyawa ini juga mempunyai kegunaan kimiawi dan optik sebagai spesimen mineral dalam pasta gigi.

2. Larutan kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)

Juga dikenal sebagai air kapur digunakan untuk melacak adanya karbon dioksida dengan menggelembungkan melalui larutan. Larutan akan berubah keruh bila CO_2 ada.

3. Kalsium arsenat ($\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$) digunakan sebagai inteksitasida.

4. Kalsium karbida (CaC_2)

Digunakan untuk membuat gas asetilena (sebagai api asetilena untuk pengelasan, karena panasnya dapat meleburkan besi) dan digunakan juga

dalam pembuatan plastik, karena asetilena yang dihasilkan merupakan monomernya sejenis plastik, yaitu poliasetilena.

5. Kalsium klorida (CaCl_2)

Digunakan dalam menghilangkan es dan mengontrol debu di jalanan yang kotor, sebagai kondisioner supaya utuh, sebagai aditif dalam tomat yang dikalengkan.

6. Kalsium siklamat ($\text{Ca}(\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NHSO}_3)_2$)

Digunakan sebagai bahan pemanis tetapi tidak mendapat izin lagi untuk digunakan disebabkan sifat-sifatnya yang menimbulkan kanker.

7. Kalsium glukonat ($\text{Ca}(\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_7)_2$) Digunakan sebagai aditif makanan dan dalam pil vitamin.

8. Kalsium hipoklorit ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$)

Digunakan sebagai desinfektan kolam renang, sebagai bahan pemucat, sebagai racikan dalam deodoran, dan sebagai *algasida* dan *fungisida*.

9. Kalsium permanganat ($\text{Ca}(\text{MnO}_4)_2$)

Digunakan sebagai cairan pendorong roket, produksi tekstil, sebagai bahan penyeteril air dan sebagai prosedur dental.

10. Kalsium fosfida (Ca_3P_2) Digunakan sebagai kembang api, rodentisida, torpedo, *flare*.

11. Kalsium stearat ($\text{Ca}(\text{C}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2)_2$)

Digunakan dalam pembuatan *crayon* lilin, semen, jenis-jenis plastik dan kosmetika tertentu, sebagai aditif (zat tambahan) makanan, dalam produksi bahan tahan air dan dalam produksi cat.

12. Kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Digunakan sebagai kapur tulis biasa, serta sebagai bentuk hemihidratnya yang dikenal dengan baik sebagai *Plaster Paris*.

13. Kalsium tungstat (CaWO_4) Digunakan sebagai cat kemilau, cahaya berpendar dan sebagai studi sinar-X.

14. Hidroksiapatit ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$)

Tetapi biasanya ditulis sebagai $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ membentuk 70% tulang.

Juga hidroksiapatit yang kekurangan kalsium-berkarbonat adalah mineral utama dari mana emael gigi dan dentin tersusun (Ansari, 2014).

2.4 Spektrofotometri Serapan Atom

Terdapat berbagai macam metode penetapan kadar kalsium antara lain kompleksometri, spektrofotometri serapan atom dan gravimetri. Spektrofotometri serapan atom adalah suatu metode yang digunakan untuk mendeteksi atom-atom logam dalam fase gas. Spektrofotometri serapan atom didasarkan pada penyerapan energi sinar oleh atom-atom netral, dan sinar yang diserap biasanya sinar tampak atau sinar ultraviolet.

Prinsip dari spektrofotometer serapan atom adalah atom atom pada keadaan dasar mampu menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, yang pada umumnya adalah panjang gelombang radiasi yang akan dipancarkan atom atom itu bila kembali ke keadaan dasar dari keadaan tereksitasi. Jika pada cahaya dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan nyala yang mengandung atom atom yang bersangkutan maka sebagian cahaya itu akan diserap dan banyaknya penyerapan akan berbanding lurus dengan banyaknya atom keadaan dasar yang berada dalam nyala (Debora, 2014). Cara ini cocok untuk analisis sekelumit

logam karena mempunyai kepekaan yang tinggi (batas deteksi kurang dari 1 ppm), pelaksanaannya relatif sederhana, dan interferensinya sedikit.

Proses yang terjadi ketika dilakukan analisis dengan menggunakan spektrofotometri atom dengan cara absorpsi yaitu penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat dasar. Atom-atom tersebut menyerap radiasi pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat atom tersebut, kalsium menyerap radiasi pada panjang gelombang 422,7 nm. Dengan menyerap energi, maka atom akan memperoleh energi sehingga suatu atom pada keadaan dasar dapat ditingkatkan menjadi ke tingkat eksitasi (Debora, 2014).

Bagian instrumentasi spektrofotometer serapan atom adalah sebagai berikut:

a. Sumber Radiasi

Sumber radiasi yang digunakan adalah lampu katoda berongga (*hollow cathode lamp*). Lampu ini terdiri atas tabung kaca tertutup yang mengandung suatu katoda dan anoda. Katoda berbentuk silinder berongga yang dilapisi dengan mineral tertentu.

b. Tempat Sampel

Dalam analisis dengan spektrofotometer serapan atom, sampel yang akan dianalisis harus diuraikan menjadi atom-atom netral yang masih dalam keadaan azas. Ada berbagai macam alat yang digunakan untuk mengubah sampel menjadi uap atom-atomnya, yaitu:

1. Dengan nyala (*Flame*)

Nyala digunakan untuk mengubah sampel yang berupa cairan menjadi bentuk uap atomnya dan untuk proses atomisasi. Pada sumber nyala ini asetilen sebagai bahan pembakar, sedangkan udara sebagai bahan pengoksidasi (Debora, 2014).

2. Tanpa nyala (*Flameless*)

Pengatoman dilakukan dalam tungku dari grafit. Sejumlah sampel diambil sedikit (hanya beberapa μL), lalu diletakkan dalam tabung grafit, kemudian tabung tersebut dipanaskan dengan sistem listrik dengan cara melewatkan arus listrik pada grafit. Akibat pemanasan ini, maka zat yang akan dianalisis berubah menjadi atom-atom netral dan pada fraksi atom ini dilewatkan suatu sinar yang berasal dari lampu katoda berongga sehingga terjadilah proses penyerapan energi sinar yang memenuhi kaidah analisis kuantitatif.

c. *Monokromator*

Monokromator merupakan alat untuk memisahkan dan memilih spektrum sesuai dengan panjang gelombang yang digunakan dalam analisis dari sekian banyak spektrum yang dihasilkan lampu katoda berongga.

d. *Detektor*

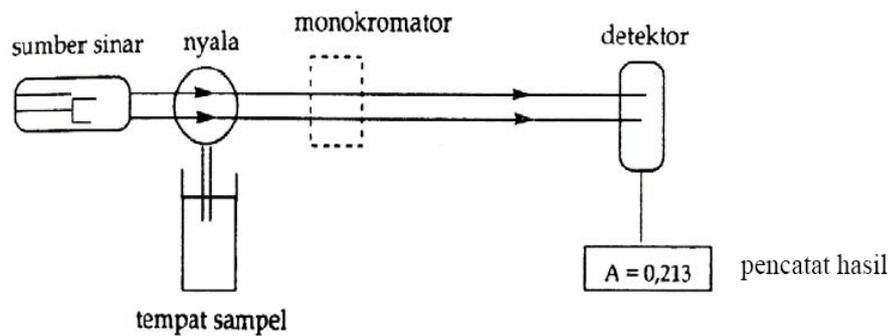
Detektor digunakan untuk mengukur intensitas cahaya yang melalui tempat pengatoman.

e. *Amplifier*

Amplifier merupakan suatu alat untuk memperkuat signal yang diterima dari detektor sehingga dapat dibaca alat pencatat hasil (*Readout*).

f. *Readout*

Readout merupakan suatu alat penunjuk atau dapat juga diartikan sebagai pencatat hasil. Hasil pembacaan dapat berupa angka atau berupa kurva yang menggambarkan absorbansi atau intensitas emisi (Debora, 2014).



Gambar 2.2 Proses absorbansi

2.4.1 Validasi Metode Analisis

Validasi metode analisis adalah suatu tindakan penilaian terhadap parameter tertentu berdasarkan percobaan laboratorium untuk membuktikan bahwa parameter tersebut memenuhi persyaratan untuk penggunaannya. Beberapa parameter analisis yang harus dipertimbangkan dalam validasi metode analisis adalah sebagai berikut :

a. Kecermatan

Kecermatan adalah ukuran yang menunjukkan derajat kedekatan hasil analisis dengan kadar analit yang sebenarnya. Kecermatan dinyatakan sebagai persen perolehan kembali (*recovery*) analit yang ditambahkan.

b. Keseksamaan (presisi)

Keseksamaan atau presisi diukur sebagai simpangan baku relatif atau koefisien variasi. Keseksamaan atau presisi merupakan ukuran yang menunjukkan

derajat kesesuaian antara hasil uji individual ketika suatu metode dilakukan secara berulang untuk sampel yang homogen..

c. Selektivitas (Spesifisitas)

Selektivitas atau spesifisitas suatu metode adalah kemampuannya yang hanya mengukur zat tertentu secara cermat dan seksama dengan adanya komponen lain yang ada di dalam sampel.

d. Linearitas dan Rentang

Linieritas adalah kemampuan metode analisis yang memberikan respon baik secara langsung maupun dengan bantuan transformasi matematika, menghasilkan suatu hubungan yang proporsional terhadap konsentrasi analit dalam sampel.

e. Batas Deteksi dan Batas Kuantitasi

Batas deteksi merupakan jumlah terkecil analit dalam sampel yang dapat dideteksi yang masih memberikan respon signifikan, sedangkan batas kuantitasi merupakan kuantitas terkecil analit dalam sampel yang masih dapat memenuhi kriteria cermat dan seksama (Debora, 2014).

2.5 Hipotesis

Ada pengaruh lama perebusan terhadap kadar kalsium pada sayur brokoli (*Brassica oleracea* L.).