

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Brokoli (*Brassica oleracea varitalica*)

2.1.1 Gambaran Umum Brokoli (*Brassica oleracea varitalica*)

Brokoli (*Brassica oleracea varitalica*) adalah tanaman sayuran yang termasuk dalam suku kubis-kubisan (*Brassicaceae*). Brokoli tersusun dari bunga-bunga kecil yang berwarna hijau tua yang menunjukkan tingginya kadar klorofil yang dapat membantu regenerasi sel dalam tubuh manusia, tetapi tidak seperti bunga kubis. Demikian pula dengan tangkai bunganya yang lebih panjang. Brokoli diperkirakan didomestikasi di wilayah Mediterania dan mungkin di sekitar Siprus atau Crete. Ada tiga tipe brokoli yang ditanam, yaitu tipe umur genjah, tipe umur sedang, dan tipe umur dalam. Bagian tanaman yang dapat dimakan adalah perbungaan yang terdiri atas bunga muda yang telah terdiferensiasi sempurna dan bagian atas batang yang lembut (IPTEKnet, 2005).



Gambar 2.1 Brokoli (*Brassica oleracea varitalica*)

Berikut adalah taksonomi dari brokoli (USDA, 2010):

Kelas : *Plantae* (tumbuh-tumbuhan)

Divisi : *Spermathophyta* (tumbuhan berbiji) atau *Embryophyta Siphonogomo*

Kelas : *Angiospermae* (berbiji tertutup)

Ordo : *Brassicales* (*Rhoedales*)

Famili : *Brassicaceae* (*Cruciferae*)

Genus : *Brassica*

Species : *Oleracea L*

Sebenarnya budidaya brokoli belum begitu lama dikenal di Indonesia, yaitu sekitar tahun 1970, namun saat ini tanaman brokoli sudah sangat populer di masyarakat dan beberapa petani melakukan budidaya brokoli secara massal (IPTEKnet, 2005). Sayuran ini sudah menjadi menu harian ibu-ibu saat ini dan mudah untuk mendapatkannya, tidak hanya di supermarket besar saja tetapi juga di pasar tradisional sudah banyak tersedia. Namun yang menjadi alasan utama memilih brokoli sebagai asupan wajib seharusnya karena faktor nutrisinya yang sangat bagus. Berikut ini adalah komposisi nutrisi yang terkandung dalam 100 gram brokoli, yang dapat dilihat dalam tabel 2.1

Tabel 2.1 Komposisi Nutrisi per 100 gram Brokoli

Nutrisi	Jumlah	Mineral	Jumlah	Asam amino	Jumlah
Air	60,60 g	Kalsium (Ca)	48 mg	Tryptophan	0,029 g
Energi	28 kcal	Besi (Fe)	0,88 mg	Threonin	0,091 g
Energi	117 kj	Magnesium (Mg)	25 mg	Isoleucine	0,109 g
Protein	2,98 g	Phospor (P)	66 mg	Leucine	0,131 g
Total lemak	0,35 g	Pottasium (K)	325 mg	Lysine	0,141 g
Karbohidrat	5,24 g	Sodium (Na)	7 mg	Methionine	0,034 g
Serat	3 g	Seng (Zn)	0,4 mg	Cystine	0,02 g

Ampas	0,92 g	Tembaga (Cu)	0,045 mg	Phenylalanine	0,084 g
Vitamin	Jumlah	Mangan (Mn)	0,229 mg	Tyrosine	0,063 g
Vitamin C	93,2 mg	Selenium (Se)	3 mcg	Valine	0,128 g
Thiamin	0,065 mg	Lemak	Jumlah	Arginine	0,145 g
Riboflavin	0,119 mg	Asam Lemak Jenuh	0,054 g	Histidine	0,05 g
Niacin	0,638 mg	Asam Lemak Tak Jenuh	0,191 g	Alanine	0,118 g
Asam phantothenic	0,535 mg	Kolesterol	0 mg	Aspartic acid	0,213 g
Vit. B6	0,159 mg			Glutamic acid	0,375 g
Folat	71 mcg			Glycine	0,095 g
Vitamin A	1542 UI			Proline	0,114 g
Vitamin E	1,66 mg			Serine	0,1 g

Sumber : Rubatzky dan Yamaguchi, 1998

2.1. 2 Manfaat Brokoli (*Brassica oleracea varitalica*)

Brokoli yang berwarna hijau gelap kaya akan β -karoten. Di dalam tubuh, β -karoten akan dimetabolisme menjadi vitamin A. Kandungan β -karoten dalam brokoli setara dengan 1542 IU = 154,2 RE vitamin A. β -karoten ini berperan dalam mengatur proses metabolisme di beberapa jaringan tubuh. Selain itu, β -karoten juga mengatur kerja gen-gen yang terlibat dalam sistem imunitas, sehingga dapat membantu meningkatkan kekebalan tubuh terhadap berbagai penyakit, khususnya penyakit infeksi dan kanker. Selain itu brokoli juga dapat mengurangi resiko terkena *spina bifida* (salah satu jenis gangguan kelainan tulang belakang) dan osteoarthritis (radang sendi). Hal itu dikarenakan adanya

kandungan kalsium dan fosfor yang cukup tinggi, yaitu masing-masing 48 mg dan 66 mg per 100 gram brokoli. Kalsium dan fosfor merupakan mineral makro yang diperlukan untuk pertumbuhan, pembentukan, dan pemeliharaan kesehatan tulang dan sendi (Mulokozi, et.al, 2007).

Peranan vitamin A yang ada pada brokoli bagi tubuh kita juga memiliki banyak manfaat, yaitu diantaranya adalah untuk menjaga kesehatan mata dalam proses penglihatan, untuk menjaga kesehatan kulit, untuk mengatur sistem kekebalan tubuh (imunitas), sebagai pelindung sel dari serangan radikal bebas (antioksidan) untuk mencegah timbulnya berbagai penyakit kronis seperti jantung dan kanker, selain itu dapat memicu proses pertumbuhan organ-organ tubuh, serta dapat memelihara kesehatan sel-sel epitel pada saluran pernapasan (Astawan, 2009).

2.2 β -karoten

Karotenoid yang dikenal sebagai sumber vitamin A adalah β -karoten (100%), α -karoten (50%), dan γ -karoten. Di dalam tubuh, β -karoten yang berasal dari makanan akan mengalami absorpsi dan metabolisme. Sepertiga dari molekul β -karoten yang diabsorpsi berbentuk utuh diangkut oleh chylomicron, sisanya dibuang melalui ekskresi. Setengah dari β -karoten yang diabsorpsi ini diubah menjadi retinol (vitamin A) dalam mukosa usus dengan bantuan enzim 15,15 β -karotenoid dioksigenase. Enzim ini diisolasi dari sitosol sel usus dan hati yang bersifat oxygen dependent, dihambat oleh kelat ferro, serta reagen yang akan mengikat gugus sulfhidril, km 2-10 μ m dan pH optimal 7,5-8,5 (Seto, 2001).

Karotenoid adalah kelompok senyawa yang tersusun dari unit isoprene atau turunannya. Pada dasarnya ada dua jenis karotenoid yaitu karoten (tanpa atom oksigen dalam molekulnya) berwarna oranye yang terdapat pada wortel,

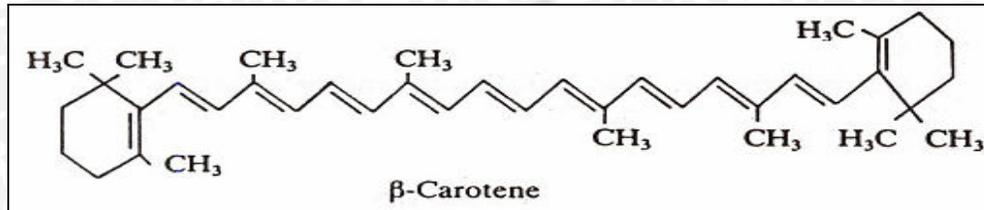
dan xantofil (mempunyai atom oksigen dalam molekul) berwarna kuning dan sering terdapat pada jagung. Selain itu likopen juga termasuk anggota karotenoid yang lain berwarna merah yang terdapat dalam tomat, serta krosetein yang berwarna kuning oranye terdapat dalam kunyit (Muchtadi, 2000).

Sayuran hijau pada umumnya mempunyai susunan karotenoid yang sama yaitu karoten dan xantofil, tetapi tidak mengandung likopen. Setelah panen, karotenoid menjadi lebih penting dibandingkan khlorofil. Sintesa karotenoid tidak terjadi setelah panen seperti halnya anthosianin, dan setelah panen juga terjadi penurunan kandungan karotenoid (Muchtadi, 2000).

Kandungan karotenoid di dalam sayuran berhubungan dengan kandungan vitamin A di dalamnya. Sebagai contoh misalnya β -karoten yang banyak terdapat di dalam wortel dan labu kuning adalah sebagai prekursor vitamin A (provitamin A) yang penting, karena setiap molekul β -karoten di dalam tubuh manusia dan hewan menjadi dua molekul vitamin A. Karotenoid di dalam tumbuhan terdapat di dalam khromoplast. Karotenoid sangat peka terhadap oksidasi, oksidasi karotenoid menyebabkan perubahan warna dan dapat menyebabkan penurunan aktifitas vitamin A (Muchtadi, 2000).

Dari penelitian yang dilakukan terhadap orang-orang India pria didapatkan bahwa kisaran kemampuan menyerap karoten yang berasal dari sayuran hanya 33-58% atau rata-rata 50%. Tidak semua karoten yang terserap tersebut akan diubah menjadi vitamin A. Kelompok FAO-WHO telah mengadakan perhitungan bahwa separuh dari karoten yang terserap tersebut akan diubah menjadi vitamin A, sehingga kira-kira hanya 1/6 dari kandungan karoten dalam bahan makanan yang akhirnya akan dimanfaatkan oleh tubuh.

Berikut ini adalah struktur kimia β -karoten :



Gambar 2.2 Struktur kimia β -karoten (Westport, 1983)

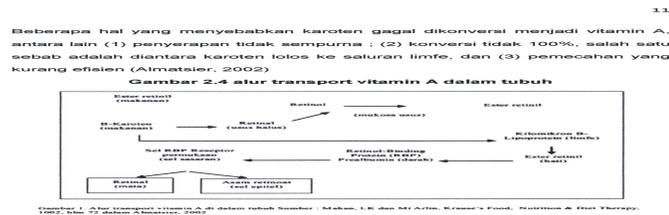
2.2.1 Absorpsi dan metabolisme β -karoten di dalam tubuh

Vitamin A dan β -karoten diserap dari usus halus dan sebagian besar disimpan di dalam hati. Bentuk karoten dalam tumbuhan selain β , adalah α , γ karoten serta kriptoxantin. Setelah dilepaskan dari bahan pangan dalam proses pencernaan, senyawa tersebut diserap oleh usus halus dengan bantuan asam empedu (pembentukan micelle). Vitamin A dan karoten diserap oleh usus dari micelle secara difusi pasif, kemudian digabungkan dengan kilomikron dan diserap melalui saluran limfatik, kemudian bergabung dengan saluran darah dan ditransportasikan ke hati. Di hati, vitamin A digabungkan dengan asam palmitat dan disimpan dalam bentuk retinil palmitat. Apabila diperlukan oleh sel-sel tubuh, retinil palmitat diikat oleh protein pengikat retinol (PPR) atau *retinol binding protein (RBP)*, yang disintesis di dalam hati. Selanjutnya ditransfer ke protein lain, yaitu "*transthyretin*" untuk diangkut ke sel-sel jaringan. Vitamin A yang tidak digunakan oleh sel-sel tubuh diikat oleh protein pengikat retinol seluler (*celluler retinol binding protein*), sebagian diangkut ke hati dan bergabung dengan asam empedu, yang selanjutnya diekskresikan ke usus halus, kemudian dikeluarkan dari tubuh melalui feses. Sebagian lagi diangkut ke ginjal dan diekskresikan melalui urine dalam bentuk asam retinoat. Karoten diserap oleh usus seperti

halnya vitamin A, sebagian dikonversi menjadi retinol dan metabolisemenya seperti tersebut diatas.

Sebagian kecil karoten disimpan di dalam jaringan adiposa dan yang tidak digunakan oleh tubuh diekskresikan bersama asam empedu melalui feses. Pada diet nabati, di lumen usus, oleh enzim β-karoten 15,15 deoksigenase, β-karoten tersebut dipecah menjadi retinal (retinaldehide), yang kemudian direduksi menjadi retinol oleh enzim retinaldehide reduktase. Pada diet hewani, retinol ester dihidrolisis oleh esterase dari pankreas, selanjutnya diabsorbsi dalam bentuk retinol, sehingga diperlukan garam empedu. Proses di atas sangat terkontrol, sehingga tidak dimungkinkan produksi vitamin A dari karoten secara berlebihan. Tidak seluruh karoten dapat dikonversi menjadi vitamin A, sebagian diserap utuh dan masuk ke dalam sirkulasi, hal ini akan digunakan tubuh sebagai antioksidan. Beberapa hal yang menyebabkan karoten gagal dikonversi menjadi vitamin A, antara lain (1) penyerapan tidak sempurna, (2) konversi tidak 100%, salah satu penyebabnya adalah diantara karoten lolos ke saluran limfe, dan (3) pemecahan yang kurang efisien (Almatsier, 2002).

Gambar 2.3 Alur transport vitamin A didalam tubuh



2.2.2 Sumberβ-karoten

Sayur dan buah-buahan merupakan sumber makanan yang mengandung gizi lengkap dan sehat. Sayur berwarna hijau merupakan sumber kaya karoten (provitamin A). Semakin tua warna hijaunya, maka semakin banyak kandungan karotennya. Kandungan β-karoten pada sayuran membantu mempercepat proses penuaan dini, mencegah resiko penyakit kanker, meningkatkan fungsi paru-paru dan menurunkan komplikasi yang berkaitan dengan diabetes. Sayuran yang berwarna hijau tua diantaranya adalah kangkung, daun singkong, daun katuk, daun papaya, genjer, pakis dan daun kelor. Di dalam sayuran dan buah

umber : Azrimaidaliza, 2007

2.2.2 Sumber β -karoten

Sayur dan buah-buahan merupakan sumber makanan yang mengandung gizi lengkap dan juga menyehatkan. Sayur berwarna hijau merupakan sumber bahan makanan yang kaya akan β -karoten (provitamin A). Semakin tua warna hijaunya, maka semakin banyak kandungan β -karotennya. Kandungan β -karoten pada sayuran dapat membantu memperlambat proses penuaan dini, mencegah resiko penyakit kanker, meningkatkan fungsi paru-paru dan menurunkan komplikasi yang berkaitan dengan diabetes. Sayuran yang berwarna hijau tua diantaranya adalah bayam, kangkung, daun singkong, daun katuk, daun pepaya, genjer, brokoli, pakis dan daun kelor. Di dalam sayuran dan buah juga terdapat vitamin yang bekerja sebagai antioksidan. Antioksidan dalam sayur dan buah-buahan bekerja dengan cara mengikat lalu menghancurkan radikal bebas dan mampu melindungi tubuh dari reaksi oksidatif yang menghasilkan racun. Jenis buah-buahan tersebut diantaranya adalah alpukat, apel, belimbing, jambu, jeruk, mangga, dan pepaya yang kaya akan vitamin A. Sementara itu, manfaat sayur-sayuran dan buah-buahan begitu banyak bagi kesehatan tubuh. Untuk itulah, tak heran jika semua pakar kesehatan menganjurkan kepada kita untuk mengkonsumsi banyak sayuran dan buah-buahan untuk menjaga kondisi tubuh (Gropper et.al., 2005).

Sumber vitamin A berdasarkan kandungannya dibagi dalam tiga kelompok yaitu kandungan tinggi, sedang dan rendah (Winarno, 2004).

Tabel 2.2 Kandungan Sumber Vitamin A

Kandungan		
Tinggi (RE lebih besar dari 20.000 $\mu\text{g}/100\text{ g}$)	Sedang (RE 1000-20000 $\mu\text{g}/100\text{ g}$)	Rendah (RE kurang dari 1000 $\mu\text{g}/100\text{ g}$)
- Minyak ikan - Minyak kelapa sawit	- Hati kambing/domba - Hati ayam - Ubi jalar	- Roti - Daging babi/sapi - Kentang

	- Wortel - Bayam - Brokoli	- Ikan
--	----------------------------------	--------

Sumber : Winarno, 2004

2.2.3 Fungsi β -karoten

β -karoten dapat menangkal *singlet oxygen* yang merupakan radikal atau molekul reaktif, seperti kulit yang terpapar sinar ultraviolet, dan dapat menginduksi perubahan pada sel yang mengarah menjadi kanker. β -karoten memiliki aktivitas antioksidan yang membantu menetralkan radikal bebas yang reaktif dan berenergi tinggi yang terbentuk melalui reaksi biologis normal tertentu (seperti respon imun dan sintesis prostaglandin atau melalui sumber eksogen seperti polusi udara atau asap rokok). β -karoten juga dapat melindungi dan mencegah abnormalitas kerusakan kromosom (Moore, 2009).

β -karoten diperkirakan memiliki banyak fungsi yang tidak dimiliki senyawa lain. Berdasarkan beberapa studi epidemiologi menunjukkan bahwa seseorang dengan asupan β -karoten atau tingkat nutrisi tersebut dalam darah yang tinggi dapat menurunkan resiko terkena berbagai macam penyakit, antara lain kanker dan penyakit jantung (Hathcock, 2004). Hasil sebuah riset UK EVM 2003 menemukan bahwa perokok yang mengkonsumsi β -karoten rata-rata 20 mg per hari lebih beresiko terkena penyakit kanker (Hathcock, 2004). Jumlah yang dibutuhkan tubuh memang hanya ukuran milligram per-hari. Namun jika tidak terpenuhi dapat menimbulkan gangguan fungsi tubuh. Zat yang merupakan provitamin A ini terdapat dalam sejumlah sayuran dan buah-buahan. Pergantian gaya hidup dan selera makan, sering kali tanpa disadari menimbulkan dampak yang secara perlahan baru dirasakan. Data statistik dari sejumlah jurnal kedokteran Negara-negara Eropa mengatakan, kecenderungan terkena kanker lebih tinggi pada populasi yang banyak mengkonsumsi makanan berpengawet,

dimana cukup banyak bahan tambahannya dibandingkan dengan mengonsumsi bahan segar yang alami (Gutteridge dan Halliwell, 1999).

Dalam fungsinya sebagai antioksidan β -karoten memiliki peran penting dalam mendukung komunikasi antar sel-sel dalam menangkal berbagai macam zat yang bersifat karsinogen sehingga memperkuat sel-sel substansi dalam menangkal zat penyebab kanker tersebut. Namun beberapa penelitian menyebutkan bahwa β -karoten dapat berakibat buruk bagi para perokok, sebab zat ini mengandung timbal, hasil penelitian tersebut masih sangat kontroversial (Hathcock, 2004).

Sifat fungsional β -karoten lainnya yang juga penting adalah kemampuannya sebagai antioksidan yang kuat untuk menangkap radikal bebas di dalam tubuh yang menjadi penyebab terjadinya penuaan dini dan pencetus aneka penyakit degeneratif seperti kanker dan penyakit jantung. Dalam komposisi yang cukup, vitamin A juga dapat mencegah kanker. Namun jika berlebihan justru akan memicu tumbuhnya kanker (Siregar, 2006).

β -karoten sebagai antioksidan yang memiliki aktivitas melindungi sel sistem imun dari kerusakan dan juga menstimulasi sistem imun. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa peran β -karoten dalam meningkatkan sistem imun lebih besar dibandingkan perannya yang hanya sebagai antioksidan (Moore, 2009).

Berdasarkan angka kecukupan gizi 2004, kebutuhan β -karoten berdasarkan usia disajikan dalam tabel berikut ini :

Tabel 2.3 Kebutuhan β -karoten Berdasarkan Usia

No	Kelompok Umur	Berat Badan (kg)	Tinggi Badan (cm)	Energi (Kkal)	Protein (g)	Vit.A (RE)
Anak						
1	0-6 bl	6	60	550	10	375
2	7-12 bl	8,5	71	650	16	400
3	1-3 th	12	90	1000	25	400
4	4-6 th	17	110	1550	39	450
5	7-9 th	25	120	1800	45	500
Laki-laki						
6	10-12 th	35	138	2050	50	600
7	13-15 th	46	150	2400	60	600
8	16-18 th	55	160	2600	65	600
9	19-29 th	56	165	2550	60	600
10	30-49 th	62	165	2350	60	600
11	50-64 th	62	165	2250	60	600
12	60+ th	62	165	2050	60	600
Wanita						
13	10-12 th	37	145	2050	50	600
14	13-15 th	48	153	2350	57	600
15	16-18 th	50	154	2200	50	600
16	19-29 th	52	156	1900	50	500
17	30-49 th	55	156	1800	50	500
18	50-64 th	55	156	1750	50	500
19	60+ th	55	156	1600	50	500
Hamil (+an)						
20	Trimester 1			+180	+17	+300
21	Trimester 2			+300	+17	+300
22	Trimester 3			+300	+17	+300
Menyusui (+an)						
23	6 bl pertama			+500	+17	+350
24	6 bl kedua			+550	+17	+350

Sumber : Angka Kecukupan Gizi 2004 bagi Orang Indonesia

2.2.4 Akibat Kelebihan β -karoten

Vitamin A juga sangat penting bagi kesehatan tulang. Namun jika terjadi kelebihan atau hipervitaminosis justru akan timbul penyakit kerapuhan tulang atau osteoporosis. Para peneliti menduga, bahwa kelebihan vitamin A memicu

aktivitas osteoclast, yaitu sel yang menguraikan tulang. Juga diperkirakan, jika kelebihan vitamin A akan memicu korelasi timbal balik dengan vitamin D yang memainkan peranan penting dalam pembentukan tulang (Gibney, 2003).

Mengonsumsi vitamin A dalam dosis besar yang melebihi kebutuhan dapat menyebabkan anemia, penglihatan kabur, nyeri tulang, diare, kelelahan, encok, rambut rontok, sakit kepala, menstruasi yang tidak teratur, pembesaran hati, mual, dan muntah. Hasil asupan berkepanjangan berlebihan akan mengakibatkan kelainan pada kulit, mata dan selaput lendir, penglihatan kabur, kerapuhan tulang, nyeri tulang dalam, pembesaran limpa, penurunan aktivitas tiroid, ruam kulit, dan penebalan tulang panjang. Jika keracunan terdeteksi, gejala akan hilang dalam beberapa hari setelah vitamin tidak dikonsumsi lagi. Selain itu apabila terlalu banyak konsumsi vitamin A akan terjadi hipervitaminosis yaitu suatu keadaan keracunan yang disebabkan oleh terlalu banyak asupan vitamin A yang dikonsumsi oleh seseorang, kadarnya yaitu jika mengonsumsi lebih dari 75.000 sampai dengan 500.000 IU (Satuan Unit International /IU) vitamin A setara dengan 0,6 mcg β -karoten setiap hari dalam jangka waktu beberapa bulan (Gibney, 2003).

2.2.5 Akibat Kekurangan β -karoten

Kekurangan β -karoten dapat menyebabkan berbagai gangguan fungsi tubuh dan penurunan imunitas tubuh, berikut ini adalah beberapa gangguan yang disebabkan oleh kekurangan β -karoten dalam tubuh (Gibney, 2003).

1. Gangguan penglihatan

β -karoten di dalam tubuh yang terdapat dalam vitamin A berperan penting dalam reaksi elektrokimia berantai pada saat mata melihat atau mata terkena

cahaya. Apabila jumlah β -karoten dalam tubuh tidak mencukupi, maka akan mengganggu kerja sistem penglihatan.

2. Gangguan Differensiasi Sel

Differensiasi sel adalah perubahan fungsi sel-sel terhadap fungsi semula. Perubahan fungsi sel ini merupakan salah satu indikasi kekurangan β -karoten dalam tubuh yang terjadi dalam setiap perkembangan tubuh, misalnya perkembangan janin, dan berkurangnya kemampuan mata sebelum masa lanjut usia. Perubahan-perubahan ini dapat merubah gen-gen tertentu sesuai dengan jenis dan bagian sel yang mengalami kekurangan β -karoten.

3. Gangguan Sistem Kekebalan Tubuh

β -karoten dalam darah sangat berpengaruh dalam fungsi kekebalan tubuh terhadap berbagai serangan penyakit. Retinol memiliki berbagai macam fungsi dalam darah, salah satunya adalah mendukung differensiasi sel darah putih untuk menangkal berbagai bakteri atau virus yang menyerang, apabila kadar retinol berkurang maka akan digantikan oleh β -karoten 1 RE (*Retinol Equivalent*) = 10 IU vitamin A aktifitas dari β -karoten. Apabila kekurangan β -karoten maka fungsi kekebalan tubuhnya akan menurun, akibatnya bakteri dan virus akan dengan mudah menyerang seseorang.

2.3 Pengolahan Makanan

Pangan merupakan salah satu kebutuhan pokok yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Pengolahan dan pengawetan bahan makanan memiliki keterkaitan terhadap pemenuhan gizi masyarakat, maka tidak mengherankan jika semua negara, baik negara maju maupun negara berkembang selalu berusaha untuk menyediakan suplai pangan yang cukup, aman, dan bergizi. Salah satunya dengan melakukan berbagai cara pengolahan

dan pengawetan pangan yang dapat memberikan perlindungan terhadap bahan makanan yang akan dikonsumsi (Gisslen, 2007).

Pengolahan dengan cara pemanasan merupakan salah satu cara paling penting yang telah dikembangkan untuk memperpanjang umur simpan bahan makanan, karena diperpanjangnya umur simpan bahan makanan ini, maka bahan makanan yang telah dipanen dapat disimpan lebih lama. Belum ada hasil penelitian yang menunjukkan bahwa pengolahan makanan dengan cara pemanasan ini dapat memenuhi bahkan meningkatkan kecukupan zat gizi seseorang. Bahkan pengolahan makanan dengan cara pemanasan ini memberikan pengaruh yang merugikan pada zat gizi dalam bahan makanan yang diolah, karena paparan panas dapat mengakibatkan berkurang atau hilangnya zat-zat gizi yang terkandung dalam bahan makanan. Oleh karena itu bahan makanan yang diolah dengan cara pemanasan tersebut akan sangat memungkinkan memiliki kandungan gizi yang lebih rendah dibandingkan dengan keadaan pada waktu bahan makanan tersebut masih segar atau mentah (Gisslen, 2007). Berikut ini adalah tabel kehilangan zat gizi selama proses pemasakan sayuran.

Tabel 2.4 Kehilangan Zat Gizi Selama Proses Pemasakan Sayuran

Tipe Kehilangan	Zat Gizi yang Hilang	Metode untuk Mencegah atau Mengurangi Kehilangan Zat Gizi
Kehilangan Volatil (penguapan)	Asam-asam tanaman, senyawa sulfur dan senyawa aromatik	Mengonsumsi sayuran mentah Mengukus tanpa dikupas Menutup panci saat pemasakan Memasak tidak terlalu lunak (kadang tipe kehilangan ini memang dikehendaki, misalnya pada sayuran yang mengandung sulfur)
Kehilangan secara terlarut	Gula, mineral, thiamin, riboflavin, asam askorbat, dan pigmen tanaman	
Kerusakan Thiamin,		Mengonsumsi sayuran mentah Memasak tidak terlalu lunak

riboflavin, asam askorbat oleh panas dan oksidasi		Menutup panci rapat-rapat Mengonsumsi sayuran mentah Memasak dengan cara dikukus baik tanpa air maupun dengan sedikit air Memasukkan sayuran dalam air yang mendidih Memotong sayuran dalam ukuran besar dan arah memanjang (bukan menurut lebar) Namun jika kuah sayuran ini juga dikonsumsi maka kehilangan ini tidak berarti.
---	--	---

Sumber : Wilmot & Batjer, 1954

2.4 Prinsip Pengolahan

Untuk membuat bahan makanan masak, panas harus dipindahkan dari sumber panas menuju dan melalui bahan makanan. Ada tiga prinsip pengolahan (Bartono et.al., 2006), yaitu :

1. Konduksi : perpindahan panas secara langsung dari sumber panas ke bahan makanan yang kontak langsung dengan sumber panas. Kecepatan perpindahan panas tergantung dari bahan konduktor. Urutan konduktor berdasarkan kecepatan perpindahan panas dari yang terbaik berturut-turut adalah aluminium, tembaga, stainless steel, gelas, porselen, dan air. Contoh pengolahan dengan prinsip konduksi adalah *baking* dan *griddling*.
2. Konveksi : perpindahan panas melalui pergerakan udara, uap air, atau cairan (termasuk minyak) dari sumber panas menuju bahan makanan. Pengadukan membantu proses perpindahan panas secara konveksi. Contoh pengolahan dengan prinsip konveksi adalah merebus dan menggoreng.
3. Radiasi : perpindahan energi melalui gelombang dari sumber energi ke bahan makanan. Energi tersebut bukanlah energi panas, namun berubah menjadi energi panas ketika mencapai bahan makanan. Dua jenis radiasi yang digunakan dalam pengolahan adalah *infrared* dan *microwave*. Contohnya adalah *microwave cooking*.

2.5 Jenis Pengolahan Makanan

2.5.1 Merebus (*Boiling*)

Merebus atau disebut juga *boiling* adalah teknik memasak bahan makanan di dalam cairan. Jumlah cairan yang digunakan lebih banyak dari makanan (makanan terendam seluruhnya). Dalam proses merebus akan muncul gelembung-gelembung, yang kemudian gelembung tersebut akan pecah dipermukaan. Merebus dapat menggunakan air dingin maupun panas. Temperatur untuk perebusan, panas berkisar antara 100°C (212°F). Peralatan yang digunakan untuk merebus disebut *Boiler* (Miglio et.al., 2008).

2.5.1.1 Metode Merebus

Air merupakan penghantar panas yang baik dalam proses perebusan. Air akan cepat mendidih bersamaan dengan penambahan suhu yang dicapai hingga batas 100°C. Pada saat mendidih, air akan berputar-putar melingkari bahan makanan dan akan mematangkan bahan makanan secara berkesinambungan tanpa menyebabkan kehancuran dan sekaligus mematikan bakteri. Selanjutnya air yang berputar-putar tersebut akan segera mengangkat tekanan uap air dari cairan ke bagian atas yang menyebabkan cairan menguap ke udara. Pada saat itu tekanan udara pada bagian puncak akan menjadi lebih besar daripada sisi luar panci. Dengan adanya perbedaan tekanan udara akan berefek pada penurunan titik didih cair menjadi 85-88°C. Secara berangsur-angsur asap yang ditimbulkan dari penguapan cairan akan nampak berkurang di udara. Dengan demikian secara tidak langsung akan mengakhiri proses perebusan (Kusmayadi dan Sukandar, 2009).

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam proses boiling adalah :

- Jenis bahan yang direbus

Teknik merebus dapat diterapkan pada semua jenis bahan makanan, mulai dari jenis protein hewani, protein nabati hingga sayuran. Pada umumnya teknik merebus untuk sumber protein hewani jenis daging menggunakan bagian-bagian potongan daging. Daging pada bagian ini memiliki tekstur yang keras, oleh karena itu melalui pemasakan dengan teknik merebus akan membantu melunakkan. Sedangkan untuk sayuran tidak terbatas pada jenis-jenis tertentu saja. Semua jenis sayuran dapat diolah dengan menggunakan teknik ini (Gisslen, 2007).

- Waktu Pemasakan

Pada dasarnya proses merebus dilakukan pada suhu 100°C. Dalam kenyataannya tidak semua bahan makanan yang diolah dengan teknik merebus dilakukan sampai pada suhu 100°C, melainkan hanya dilakukan pada suhu *simmering* (85-88°C). Prosesnya dimulai dengan memanaskan air sampai mencapai suhu 100°C, kemudian api dikecilkan hingga suhu air turun menjadi 85-88°C. Dengan suhu *simmering* bahan makanan yang diolah tidak akan menjadi rusak. Sebagai contohnya pada sayuran akan menghancurkan selulosanya, karena perebusan suhu tinggi dan dengan waktu yang lama dapat merusak dapat merusak kandungan gizi termasuk β -karoten didalam sayuran hijau tersebut (Mulokozi et.al., 2007), sedangkan untuk jenis daging akan menghasilkan tekstur yang keras dan kering. Demikian halnya yang dilakukan pada saat pengolahan telur, istilah telur rebus sebenarnya dimasak dengan suhu *simmering* dan dalam waktu yang tidak lebih dari 10 menit. Pengolahan telur yang tidak sesuai menyebabkan terlepasnya zat besi pada bagian kuning telur

dan zat belerang pada putih telur yang akan membentuk “ferro sulfida” (*ferrous sulphide*) sehingga bagian sekeliling kuning telur akan membentuk lingkaran yang berwarna keabu-abuan atau keunguan, atau apabila telur dibuat sebagai hidangan orak-arik (*scrambled egg*) semua jenis sayuran dapat diolah dengan teknik merebus. Proses merebus pada suhu 100°C hanya digunakan pada jenis-jenis bahan makanan tertentu, seperti pada proses pemasakan pasta, pembuatan jam, atau pengolahan yang dimaksudkan untuk tujuan mengurangi cairan pemasaknya (Gisslen, 2007).

- Jenis cairan perebus

Dalam merebus diperlukan cairan untuk mematangkan bahan makanan. Diantara berbagai jenis cairan yang dapat digunakan sebagai media merebus, air merupakan pilihan yang terbaik karena merupakan penghantar panas yang baik dalam pematangan bahan makanan. Jumlah cairan yang diperlukan dalam merebus tergantung dari bahan makanan yang diolah. Untuk jenis protein hewani terutama daging, akan memerlukan air yang relatif lebih banyak untuk mengempukkannya. Air harus menutupi seluruh permukaan daging pada tahap awal perebusan. Selanjutnya air akan ditambahkan sedikit demi sedikit selama proses perebusan berlangsung hingga mencapai tingkat kematangan yang diinginkan. Sedangkan untuk jenis ikan hanya memerlukan air yang relatif lebih sedikit, karena ikan hanya sedikit mengandung jaringan ikat, sehingga akan lebih cepat matang dalam waktu yang relatif singkat. Demikian pula dengan perebusan sayuran yang membutuhkan jumlah air yang relatif sedikit. Air yang diperlukan hanya cukup untuk menutupi permukaan bahan makanan. Kecuali untuk jenis sayuran yang beraroma tajam (seperti lobak dan rebung), karena

dengan cairan yang banyak diharapkan aroma sayuran akan larut dalam cairan perebusnya (Gisslen, 2007).

- Alat yang digunakan

Peralatan yang digunakan untuk merebus adalah panci. Jenis panci yang digunakan untuk merebus bisa bervariasi. Setiap jenis digunakan untuk mengolah bahan makanan tertentu. Berikut ini adalah langkah-langkah metode perebusan :

- a. Tuangkan air ke dalam panci dan panaskan hingga mendidih. Kemudian kecilkan api sampai gelembung air terlihat tidak bergolak.
- b. Masukkan bahan makanan ke dalam air perebus
- c. Tutup panci selama proses pemasakan berlangsung untuk mencegah terlepasnya zat gizi (vitamin) bersama uap air, kecuali untuk jenis sayuran yang mengandung klorofil
- d. Rebus bahan makanan sampai lunak tetapi tidak terlalu layu. Lakukan pembalikan bahan makanan selama proses pemasakan berlangsung. Pembalikan bahan makanan akan membantu menyeragamkan tingkat kematangannya, khususnya untuk jenis sayuran (rendah serat) yang memerlukan waktu pemasakan yang relatif singkat.
- e. Tambahkan garam, gula, atau asam ke dalam cairan perebus untuk meningkatkan cita rasanya, dan mencegah terjadinya reaksi enzimatik atau reaksi pigmen dalam bahan makanan.
- f. Angkat bahan makanan segera setelah mencapai tingkat kematangan agar terhindar dari proses pemasakan yang berlanjut (*over cooking*). Kecuali untuk bahan makanan jenis daging dapat dibiarkan hingga dingin

dalam cairan perebusnya, untuk meningkatkan cita rasanya (Gisslen, 2007).

2.5.1.2 Fungsi Merebus

1. Bahan makanan menjadi lebih mudah dicerna
2. Metode ini sesuai untuk memasak dalam dalam skala besar
3. Memperoleh cita rasa yang khas dari zat yang terkandung dalam bahan makanan
4. Metode yang cukup aman dan sederhana, serta dapat membunuh bakteri patogen
5. Nilai gizi dan warna sayuran hijau dapat dipertahankan secara maksimum dengan cara, waktu pemasakan diminimalis dan api diperbesar
6. Panas yang tinggi selama proses perebusan dapat membuat sayuran cepat matang meskipun dalam waktu memasak yang singkat (Miglio et al., 2008).

2.5.2 Mengukus (*Steaming*)

Mengukus adalah memasak bahan makanan dengan uap air mendidih. Meskipun bahan makanan tidak berhubungan atau kontak langsung dengan air mendidih, namun masih tetap termasuk dalam teknik memasak basah. Dalam metode ini, perubahan warna, tekstur dan aroma yang terjadi lebih banyak dibanding dengan teknik merebus dan menyetup. Efek dari teknik pengolahan ini sama dengan teknik pengolahan basah lainnya, yaitu menjadikan makanan lebih lunak dan lembut. Karena bahan makanan tidak bersentuhan langsung dengan air, maka kehilangan nilai gizinya pun lebih sedikit (Palupi, 2007).

2.5.2.1 Metode Mengukus

Steaming atau mengukus adalah teknik pengolahan bahan makanan dengan cara merebus air hingga mendidih di dalam panci steamer atau panci khusus untuk mengukus, kemudian uap dan tekanan dari air mendidih digunakan dalam proses mematangkan makanan. Makanan yang akan dikukus diletakkan dengan tidak bersentuhan secara langsung dengan air yang dididihkan di dalam panci *steam* tersebut. Panci *steam* memiliki tempat khusus untuk meletakkan makanan di atas air yang dididihkan tanpa bersentuhan dengan air yang dididihkan dan memiliki penutup yang lebih rapat daripada panci lain untuk meningkatkan efektifitas proses pengukusan tersebut (Palupi, dkk, 2007). Teknik *steaming* dapat dibedakan menjadi dua cara, yaitu :

- a. Steaming yang mempergunakan tekanan biasa yang berasal dari uap air pada waktu perebusan
- b. Steaming yang mempergunakan tekanan yang agak tinggi karena mempergunakan alat tertentu yang tertutup rapat

Pada teknik *steaming*, tekanan uap air akan bertambah tinggi pada tempat pengolahan yang tertutup rapat, misalnya pada *rice cooker*, *steamer*, atau *steam oven*, teknik ini sering disebut juga dengan teknik tekanan dan uap kering. Penggunaan alat yang ditutup rapat akan meminimalkan kemungkinan hilangnya zat gizi yang terbuang melalui penguapan air.

Prinsip dasar

- a. Proses *steaming* akan memberikan hasil yang maksimal apabila dilakukan dengan alat yang tertutup rapat untuk mencegah berkurangnya tekanan uap air panas. Jika *steaming* dilakukan dengan mempergunakan panci pengukus, pastikan panci ditutup rapat

- b. Bahan makanan yang cocok digunakan adalah bahan makanan yang dapat dimasak secara perlahan-lahan dan tidak mudah kehilangan tekstur, rasa, aroma, maupun rasa

Selain kedua prinsip dasar di atas, ada juga beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam teknik *steaming* adalah :

- a. Jumlah air yang digunakan untuk *steaming* harus diperhitungkan sesuai dengan tingginya bagian dalam panci (bagian yang berongga-rongga). Jumlah air yang berlebih akan menyebabkan air mengenai bahan yang dikukus, sehingga bahan makanan yang dikukus akan menjadi lebih lunak/lembik. Sementara itu apabila jumlah air yang kurang akan menyebabkan proses pengukusan menjadi lama dan ada kemungkinan juga makanan akan menjadi kering atau bahkan hangus
- b. Temperatur air yang digunakan haruslah sampai mendidih (mencapai 100°C) terlebih dahulu, agar bahan makanan yang diolah mencapai hasil yang maksimal
- c. Jika bahan makanan belum matang sementara itu air yang digunakan telah habis, maka pada saat akan menambahkan air gunakan air panas, agar proses pengukusan tidak terhambat
- d. Bahan makanan yang akan dikukus sebaiknya memiliki bentuk yang tidak terlalu besar
- e. Besar kecilnya api yang digunakan disesuaikan dengan jenis dan jumlah makanan yang akan dikukus (Palupi, 2007).

2.5.2.2 Fungsi Mengukus

Fungsi dari mengukus adalah untuk mematangkan makanan secara cepat tanpa khawatir terlalu banyak zat gizi dalam bahan makanan yang

terbuang pada saat proses pengolahan. Pengukusan sangat baik digunakan pada jenis makanan seperti ikan, sayur, dan unggas. Proses pengukusan akan berlangsung lebih cepat apabila pada proses tersebut dalam kondisi bertekanan tinggi dengan, dengan penambahan tekanan yang tinggi ini, maka panas yang masuk ke dalam makanan akan lebih banyak dan proses pengukusan akan lebih singkat. Apabila makanan cepat matang maka vitamin yang terlepas juga akan semakin sedikit, sehingga proses pengukusan dengan menggunakan tekanan yang tinggi akan lebih efektif mematangkan makanan dan mencegah zat-zat gizi terlepas pada saat proses pengolahan makanan, serta akan lebih efisien dengan waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan mengukus tanpa menggunakan tekanan yang tinggi. Fungsi lain dari metode pengolahan makanan dengan cara pengukusan adalah dapat mempertahankan tekstur dan bentuk dari bahan makanan yang diproses, karena dalam proses pengukusan makanan cenderung statis atau tidak bergerak (Palupi, dkk, 2007).

2.6 Faktor Pengolahan

Pengolahan bahan makanan memerlukan waktu untuk memanaskan bahan makanan pada suhu tertentu. Keadaan bahan makanan serta lingkungan mempengaruhi proses pengolahan bahan makanan tersebut. Yang dapat mempengaruhi keadaan bahan makanan yaitu terdiri dari suhu, pH, cahaya, oksigen, dan karakteristik media pengolahan. (Gisslen, 2007).

Suhu pengolahan adalah suhu lingkungan untuk memasak bahan makanan, yaitu udara pada oven, minyak pada wajan, permukaan *griddle* dan cairan pada panci. Suhu akan mempengaruhi durasi pengolahan dan tekstur makanan. Semakin tinggi suhu, maka semakin pendek durasi pengolahan. Suhu yang tinggi dan durasi pengolahan yang lama dapat mengakibatkan tekstur

makanan menjadi lunak. pH lingkungan mempengaruhi tekstur bahan makanan dan secara tidak langsung dapat mempengaruhi durasi pengolahan. Lingkungan yang asam akan memperkuat tekstur bahan makanan, sehingga durasi pengolahan menjadi lebih lama. Sedangkan lingkungan yang basa dapat menyebabkan tekstur bahan makanan lunak, sehingga durasi pengolahan menjadi lebih pendek (Gisslen, 2007).

2.7 Dampak Pengolahan

Ada 2 dampak pada pengolahan makanan, yaitu dampak positif dan dampak negatif. Dampak positif dari pengolahan bahan makanan yaitu dengan adanya pengolahan makanan maka dapat membuat bahan makanan mudah cerna, sehingga zat-zat gizi yang ada di dalamnya dapat diserap oleh tubuh. Sedangkan dampak negatif dari pengolahan bahan makanan yaitu dapat merusak zat-zat gizi melalui paparan panas, oksigen, cahaya dan derajat keasaman lingkungan (Morris, 2004). Berikut ini akan disajikan dalam tabel efek pengolahan pada vitamin.

Tabel 2.5 Efek Pengolahan Pada Vitamin

Zat Gizi	Efek Pengolahan
Lemak	Cepat teroksidasi oleh cahaya
Protein	Terdenaturasi oleh panas (baik untuk penyerapan dalam tubuh)
Asam amino	Beberapa diantaranya sensitive terhadap cahaya
Vitamin C	Berkurang selama penyimpanan, pengeringan, pemanasan, oksidasi, dan pemotongan bahan makanan. Pengurangan akibat oksidasi dipercepat oleh logam, tembaga, dan besi. Stabil selama pemanasan pada kondisi asam.
Vitamin B1	Rusak pada kondisi lingkungan netral dan basa Hilang pada pengolahan dengan air.
Vitamin B2	Sensitif pada cahaya, pada kondisi lingkungan yang netral dan basa. Agak stabil selama pemanasan pada kondisi lingkungan netral Sensitif pada panas dalam kondisi lingkungan yang basa.
Karoten	Mudah rusak oleh panas.

	Teroksidasi dan terisomerisasi pada saat terpapar cahaya dan panas.
Vitamin A	Mudah rusak oleh panas. Mudah teroksidasi.
Vitamin D	Teroksidasi pada saat terpapar cahaya dan panas.
Vitamin E	Cepat teroksidasi.

Sumber : Morris et.al, 2004.

Sayur-sayuran adalah bahan makanan yang penting karena mengandung banyak zat gizi yang diperlukan oleh tubuh, terutama vitamin dan mineral. Proses pengolahan sayur-sayuran dapat menyebabkan hilangnya zat-zat gizi penting di dalamnya. Enam faktor yang dapat mengakibatkan hilangnya zat-zat gizi penting dalam sayur-sayuran adalah sebagai berikut :

1. Suhu pengolahan yang tinggi
2. Durasi pengolahan yang terlalu lama
3. Larutnya zat-zat gizi ke dalam media pengolahan (cairan)
4. Lingkungan basa (baking soda, air sadah)
5. Enzim dalam sayur-sayuran yang aktif pada suhu hangat tetapi rusak pada suhu yang panas
6. Oksigen

Beberapa praktik pengolahan yang menyebabkan kondisi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Perebusan pada suhu rendah tetapi durasi pengolahan yang lama
2. Perebusan pada suhu tinggi
3. Pemotongan bahan makanan menjadi bagian yang kecil dapat mengurangi durasi pengolahan, namun dapat menyebabkan semakin luasnya permukaan yang terpapar oleh panas
4. Pengukusan menyebabkan hilangnya zat-zat gizi melalui uap air (Morris et.al., 2004).