

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. TEH (*CAMELLIA SINENSIS*)

##### 1. Sejarah Perkembangan teh

Tanaman teh diduga berasal dari daratan Cina, kira-kira dari Propinsi Szechwan sekarang. Pertama kali teh dikenal di Cina pada masa pemerintahan dinasti Shen Nung pada tahun 2700 SM. Seiring dengan penyebaran agama Budha, teh ikut meluas ke negara-negara di sekitar Cina, terutama India dan Jepang (Tim Penulis PS, 1996; Anonim, 2005).

Budaya minum teh di Jepang berkembang pada masa Kaisar Kamakuru pada tahun 1192 hingga tahun 1333. Pendeta Zen Buddha Yeisei adalah orang yang pertama kali memperkenalkan teh di Jepang. Dia memanfaatkan nilai-nilai yang terkandung dalam upacara minum teh untuk meningkatkan meditasi religius. Ada tata cara penyajian dan peralatan khusus dalam upacara minum teh yang mirip seni ritual di negeri Sakura tersebut. Walaupun upacara minum teh atau *cha-no-yu* bersifat tradisional, namun sampai sekarang masih dihormati dan dilakukan oleh masyarakat Jepang (Tim Penulis PS, 1996; Depkes RI, 2007).

Teh memasuki Eropa melalui misionaris Portugis Jasper de Cruz yang membawanya pada tahun 1560. Teh diperkenalkan di Portugis, lalu menyebar ke Perancis, Belanda dan negara-negara Baltik. Karena pengangkutannya menggunakan kapal laut yang ongkosnya cukup mahal, maka harga teh masih tinggi. Namun, seabad kemudian harganya menjadi lebih terjangkau dan dapat

dibeli di toko-toko. Minum teh akhirnya menjadi bagian dari kehidupan masyarakat di Perancis dan Belanda (Tim Penulis PS, 1996; Depkes RI, 2007).

Sementara itu, teh pertama kali memasuki Inggris antara tahun 1652-1654 dan akhirnya menggantikan ale sebagai minuman nasional. Raja Charles XI dan isterinya Catherine de Braganza adalah peminum teh, sehingga perannya cukup menentukan untuk mempopulerkan minum teh. Dari Inggris, teh kemudian mencapai Amerika tahun 1720 (Tim Penulis PS, 1996; Depkes, 2007).

Indonesia baru mengenal tanaman teh sekitar tiga abad yang lampau. Tanaman teh masuk ke Indonesia dibawa oleh orang-orang Belanda yang datang menjajah (Tim Penulis PS, 1996).

## 2. Morfologi tanaman

Tanaman teh berbentuk pohon. Tingginya bisa mencapai tinggi 5-10 meter. Namun, tanaman teh di perkebunan tingginya hanya mencapai 90-120 centimeter. Hal ini dikarenakan tanaman teh selalu dipangkas untuk memudahkan pemetikan (Tim Penulis PS, 1996; Tjitrosoepomo, 1994).

Daun tanaman teh berbentuk jorong atau agak bulat telur terbalik/lanset. Tepi daun bergerigi. Daun tunggal dan letaknya hampir berseling. Tulang daun menyisip. Permukaan atas daun muda berbulu halus, sedangkan permukaan bawahnya hanya berbulu sedikit. Permukaan daun tua halus dan tidak berbulu lagi (Tim Penulis PS, 1996; Tjitrosoepomo, 1994).

Bunga tanaman teh tunggal dan ada yang tersusun dalam rangkaian kecil. Bunga muncul dari ketiak daun. Warnanya putih bersih dan berbau wangi lembut.

Mahkota berbentuk kerucut dan berjumlah 5-6 helai. Putik dengan tangkai yang panjang atau pendek dan pada kepalanya terdapat tiga buah sirip. Jumlah benang sari 100-200 (Tim Penulis PS, 1996; Tjitrosoepomo, 1994).

Buah teh berupa buah kotak berwarna hijau kecoklatan. Dalam satu buah berisi satu sampai enam biji dengan bentuk bulat atau gepeng pada satu sisinya, berwarna putih sewaktu masih muda dan berubah menjadi coklat setelah tua. Akar teh berupa akar tunggang dan mempunyai banyak akar cabang (Tim Penulis PS, 1996; Tjitrosoepomo, 1994).

Tanaman teh mengalami pertumbuhan tunas yang silih berganti. Tunas tumbuh pada ketiak atau bekas ketiak daun. Tunas yang tumbuh kemudian diikuti dengan pembentukan daun. Tunas baru pada teh memiliki daun kuncup yang menutupi titik tumbuh serta daunnya (Tim Penulis PS, 1996).

### 3. Taksonomi tanaman teh

Menurut silsilah kekerabatan dalam dunia tumbuh-tumbuhan, tanaman teh termasuk ke dalam:

Kingdom : Plantae  
 Divisio : Spermatophyta  
 Sub divisio : Angiospermae  
 Class : Dicotyledoneae  
 Ordo : Guttiferales  
 Famili : Theaceae  
 Genus : *Camellia*

Spesies : *Camellia sinensis*

#### 4. Jenis Teh

Jenis teh berdasarkan botaninya dibedakan atas jenis teh *Sinensis/bohea* dan jenis *Assamica*. Teh *Sinensis* yang dikenal juga dengan nama teh Cina atau teh Jawa, mempunyai tinggi 3-9 meter. Pertumbuhannya lambat, jarak antara cabang dengan tanah sangat dekat, daun berukuran kecil, pendek, ujungnya agak tumpul, dan warnanya hijau tua (Tim Penulis PS, 1996).

Adapun teh *Assamica* mempunyai ciri-ciri: tinggi pohon bisa mencapai 12-20 meter, pertumbuhan lebih cepat, cabang agak jauh dari permukaan tanah, ukuran daunnya lebih lebar, panjang, ujungnya runcing, dan warnanya hijau mengkilap (Tim Penulis PS, 1996).

#### 5. Pengolahan Teh

Pucuk teh yang baru dipetik belum bisa dikatakan siap dikonsumsi atau diperdagangkan, melainkan harus melalui suatu proses pengolahan tertentu. Secara umum berdasarkan cara/pengolahannya, teh dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu teh hijau (*green tea/unfermented tea*), teh oolong (*semi-fermented tea*), dan teh hitam (*black tea/fermented tea*) (Tim Penulis PS, 1996; Hartoyo, 2003).

##### a. Teh Hijau (*green tea/unfermented tea*)

Yang hendak dicapai dalam memproduksi teh hijau adalah mempertahankan manfaat kesehatannya, kemurnian, dan senyawa aktif daun teh segar sehingga

semuanya itu dapat dirasakan ketika teh disajikan (Luize dan Yudana, 1998). Teh hijau dibuat dengan cara menginaktivasi enzim oksidase/fenolase yang ada dalam pucuk daun teh segar, dengan cara pemanasan atau penguapan menggunakan uap panas, sehingga oksidasi enzimatik terhadap katekin dapat dicegah. Jenis teh ini banyak dikonsumsi oleh masyarakat Asia, terutama Cina dan Jepang (Hartoyo, 2003).

b. Teh Oolong (*semi-fermented tea*)

Teh oolong dihasilkan melalui proses pemanasan yang dilakukan segera setelah proses rolling/penggulungan daun, dengan tujuan untuk menghentikan proses fermentasi, oleh karena itu, the oolong disebut sebagai the semi-fermentasi, yang memiliki karakteristik khusus dibandingkan teh hitam dan teh hijau. Jenis teh ini hanya diproduksi di negeri Cina, sedangkan Indonesia tidak mengenal jenis teh oolong (Hartoyo, 2003).

c. Teh Hitam (*black tea/fermented tea*)

Dalam proses produksi teh hitam, proses fermentasi berlangsung penuh, yang menyebabkan daun-daun teh berubah menjadi hitam dan memberi rasa khas (Luize dan Yudana, 1998). Teh hitam dibuat dengan cara memanfaatkan terjadinya oksidasi enzimatik terhadap kandungan katekin teh. Jenis teh ini lebih populer di Negara-negara barat, termasuk Indonesia (Hartoyo 2003)

## 6. Kandungan Teh

Teh mengandung dua komponen aktif, yaitu komponen volatil dan nonvolatil. Komponen tersebut, baik yang volatile maupun yang nonvolatile antara lain

sebagai berikut: Polyphenols (10\_25%), methylxanthines, asam amino, peptida, komponen organik lain, tannic acids (9\_20%), vitamin C (150\_250 mg%), vitamin E (25\_70 mg%), vitamin K (300\_500 IU/g),  $\beta$ -carotene (13\_20%), kalium (1795 mg%), magnesium (192 mg%), mangan (300\_600 ug/ml), fluor (0,1\_4,2 mg/L), zinc (5,4 mg%), selenium (1,0\_1,8 ppm%), copper (0,01 mg%), iron (33 mg%), calcium (7 mg%), caffeine (45\_50 mg%) (Pambudi,2007).

Komponen volatile yang terkandung dalam teh terdiri dari 404 macam dalam teh hitam dan sekitar 230 macam dalam teh hijau. Komponen volatile tersebut berperan dalam memberikan cita rasa yang khas pada teh (Pambudi,2007).

#### a. Polyphenol

Teh sebagian besar mengandung ikatan biokimia yang disebut polyphenols, termasuk di dalamnya flavonoid. Flavonoid merupakan suatu kelompok antioksidan yang secara alamiah ada pada sayur-sayuran, buah-buahan, dan minuman seperti teh dan anggur (Pambudi,2007).

Pada tanaman, flavonoids memberikan perlindungan terhadap adanya stress lingkungan, sinar ultra violet, serangga, jamur, virus, dan bakteri, di samping sebagai pengendali hormon dan *enzyme inhibitor* (Pambudi,2007).

Golongan flavanoid dapat digambarkan sebagai deretan senyawa  $C_6-C_3-C_6$ . Artinya, kerangka karbonnya terdiri atas dua gugus  $C_6$  (cincin benzene tersubstitusi) disambungkan oleh rantai alifatik tiga karbon (Robinson, 1995).

Flavanoid yang secara luas tersebar dalam berbagai tanaman ini, berdasarkan struktur dan konformasi ring C molekul dasarnya, dapat digolongkan menjadi enam kelas, yaitu flavone, flavanone, isoflavone, flavonol, flavanol, dan

antocyanin. Adapun flavanoid yang ditemukan pada teh terutama berupa flavanol dan flavonol. Konsentrasi flavanoid pada teh dipengaruhi oleh jenis teh dan cara penyiapan teh, misalnya jumlah yang digunakan, lama ekstraksi dan temperatur (Hartoyo, 2003; McKay *et al*, 2002; Pambudi 2007).

Katekin teh merupakan flavanoid yang termasuk dalam kelas flavanol. Jumlah atau kandungan katekin ini bervariasi untuk masing-masing jenis teh. Pada teh hijau, katekin merupakan komponen utama, sedangkan pada teh hitam dan teh oolong, katekin diubah menjadi theaflavin dan thearubigin. Kadar katekin dari berbagai jenis teh dapat dilihat pada tabel 1 (Pambudi,2007).

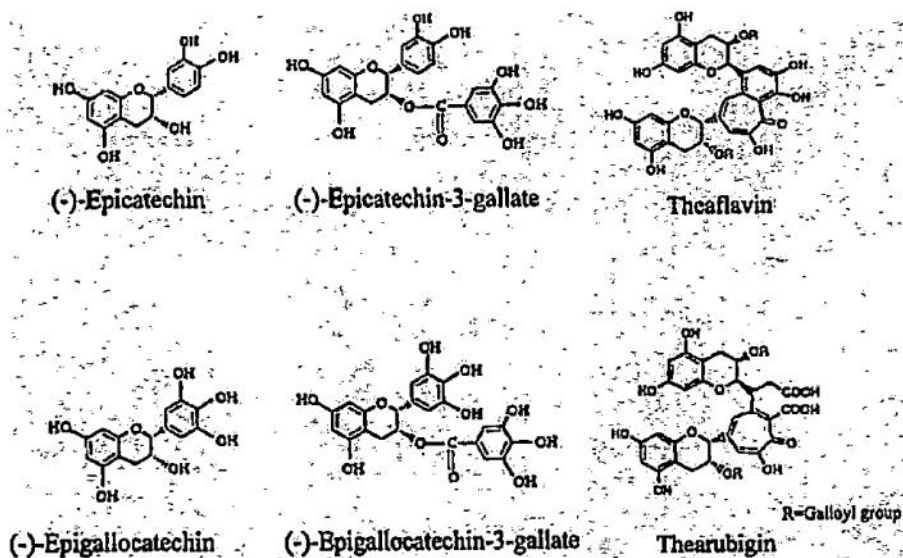
Tabel 1. Kadar Katekin dari Berbagai Jenis Teh

The/pucuk segar	Substansi Katekin (% berat kering)					Total
	Cathecin	EC	EGC	ECG	EGCG	
<b>A. Indonesia</b>						
The hitam orthodox	0,24	0,79	3,54	1,46	2,21	8,24
The hitam CTC	0,23	0,27	4,24	1,03	1,25	7,02
The hijau ekspor	0,10	0,54	6,35	1,08	3,53	11,60
The hijau lokal	0,08	0,41	6,39	0,65	3,28	10,81
The wangi	0,10	0,35	5,96	0,64	2,23	9,28
Pucuk segar GMB 1	0,70	2,62	2,17	1,22	7,89	14,60
Pucuk Segar GMB 2	0,80	1,41	0,61	1,92	9,43	14,15
<b>B. Sencha (Jepang)</b>	0,07	0,41	2,96	0,26	1,36	5,06
<b>C. Oolong (China)</b>	0,14	0,20	2,24	0,43	3,14	6,73
<b>D. The wangi (China)</b>	0,15	0,39	3,81	0,69	2,43	7,47

Sumber: Bambang dan Suhartika, 1995: Bambang *et al*, 1996

Katekin teh yang utama adalah epicatechin (EC), epicatechin gallate (ECG), epigallocatechin (EGC), dan epigallocatechin gallate (EGCG). Katekin teh memiliki sifat tidak berwarna, larut air, serta membawa sifat pahit dan sepat pada

seduhan daun teh. Hampir semua sifat produk teh termasuk di dalamnya rasa, warna, dan aroma, secara langsung maupun tidak langsung dihubungkan dengan modifikasi pada katekin ini. Misalnya degallosasi dari katekin ester menjadi katekin non-ester dapat menurunkan rasa pahit dan sepat dari teh hijau. Struktur katekin dapat dilihat pada Gambar 1 (Hartoyo,2003).



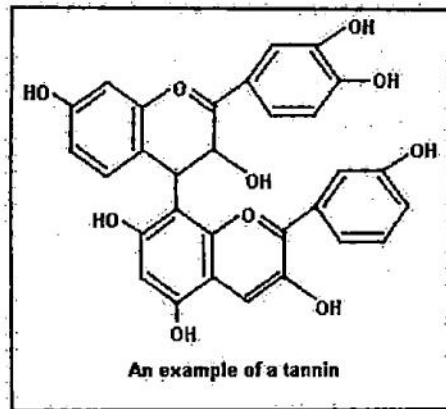
Gambar 1. Struktur Katekin Teh (McKay, 2002)

Dalam proses pembuatan teh hitam, katekin dioksidasi secara enzimatik membentuk pigmen teh hitam yaitu theaflavin dan thearubigin. Secara garis besar, terdapat empat jenis theaflavin yaitu theaflavin, theaflavin 3-gallate, theaflavin 3'-gallate, dan theaflavin 2,3'-digallate, yang terbentuk karena adanya reaksi yang terjadi antara quinon (turunan katekin) dengan gallo-katekin. Jumlah theaflavin dan thearubigin dalam teh hitam masing-masing berkisar antara 0,3%-2% dan

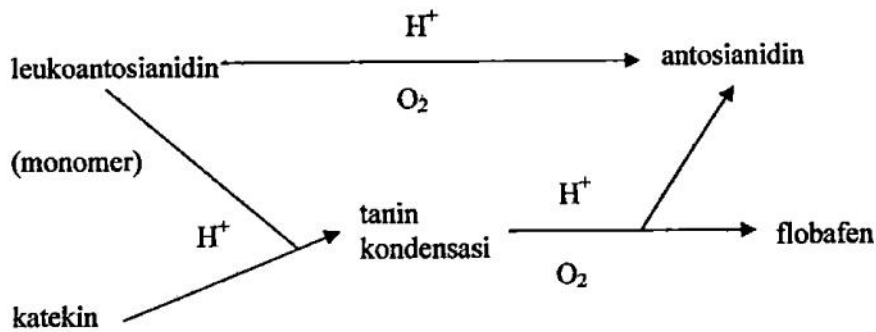


10%-20% (berat kering). Keduanya berkontribusi terhadap sifat seduhan teh hitam, seperti misalnya pada warna, strength, dan body (Hartoyo, 2003).

Tannin (Gambar 2) merupakan zat yang terdapat dalam teh yang merupakan hasil dari reaksi oksidasi katekin yang mencakup baik pelepasan atom hidrogen maupun dehidrasi. Reaksi ini dapat digambarkan pada Gambar 3.



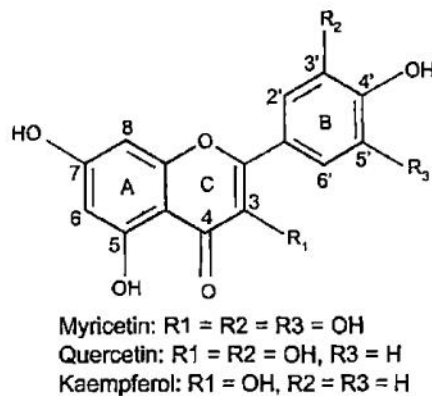
Gambar 2. Struktur Tanin  
(Sumber: <http://hcs.osu.edu/hcs300/biochem3.htm>)



Gambar 3. Reaksi Oksidasi Katekin (Robinson, 1995)

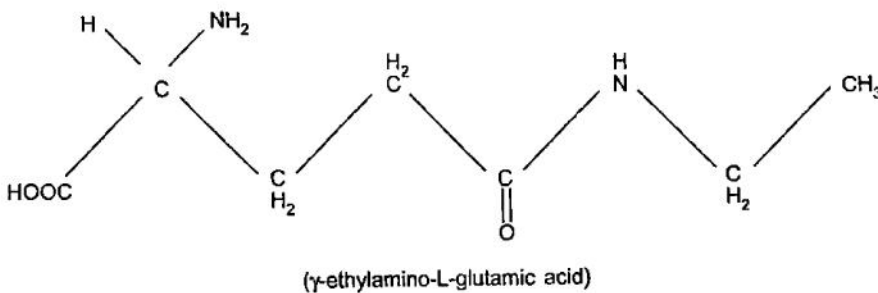
Tannin merupakan sejenis kandungan pada tumbuhan yang bersifat fenol. Zat ini mempunyai rasa sepat dan mempunyai kemampuan menyamak kulit. Secara kimia, tannin dibagi menjadi dua golongan, yaitu tannin kondensasi dan tannin terhidrolisiskan. Tannin kondensasi disebut juga tannin katekin atau tannin proanthocyanidins. Tannin kondensasi adalah polimer dari 2 sampai 50 unit flavanoid yang bergabung dengan ikatan karbon-karbon dan dapat terhidrolisis jika dididihkan dalam asam klorida ester. Tannin terhidrolisiskan mengandung ikatan ester yang dapat terhidrolisis jika dididihkan dalam asam klorida ester. (Robinson 1995).

Sementara itu, flavanol (Gambar 4) utama yang ada di dalam daun teh adalah quercetin, kaempferol, dan myricetin. Flavanol ini, terutama terdapat dalam bentuk glikosidanya (berikatan dengan molekul gula) dan sedikit dalam bentuk aglikonnya. Jumlah flavanol teh ini bervariasi, tergantung pada beberapa hal, misalnya suhu dan cara ekstraksi yang digunakan (Hartoyo, 2003).



Gambar 4. Struktur Flavanol Teh (Hartoyo, 2003)

Selain senyawa flavanoid, terdapat satu senyawa bioaktif dalam teh yang memiliki manfaat bagi tubuh, yaitu yang disebut L-theanin (Gambar 5). L-theanin ( $\gamma$ -ethylamino-L-glutamic acid) adalah sebuah asam amino yang unik pada tanaman teh dan merupakan komponen utama yang bertanggung jawab terhadap exotic taste (disebut umami). Senyawa ini unik karena hanya ditemukan pada tanaman teh, serta pada jamur *Xeromonas badius* dan spesies tertentu dari genus *Camelia*. Jumlah L-theanin dalam daun teh adalah berkisar antara 1%-2% berat kering. L-theanin ini terdapat dalam bentuk bebas (non-protein) dan merupakan komponen asam amino utama dalam teh, dengan jumlah yang lebih dari 50% dari total asam amino bebas (Hartoyo, 2003).



Gambar 5. Struktur Kimia *L-theanin* (Hartoyo, 2003)

Kandungan vitamin dalam teh dapat dikatakan kecil karena selama proses pembuatannya teh telah mengalami oksidasi sehingga menghilangkan vitamin C. Demikian pula halnya dengan vitamin E yang banyak hilang selama proses pengolahan, penyimpanan, dan pembuatan minuman teh. Akan tetapi, vitamin K terdapat dalam jumlah yang cukup banyak (300-500 IU/g) sehingga bisa menyumbang kebutuhan tubuh akan zat gizi tersebut. (Pambudi, 2007).

Teh cukup banyak mengandung mineral, baik makro maupun mikro yang banyak berperan dalam fungsi pembentukan enzim di dalam tubuh sebagai enzim antioksidan dan lainnya. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa teh merupakan sumber mineral yang menyehatkan. (Pambudi,2007).

## 7. Peran Teh bagi Kesehatan

### a. Anti-oksidan

Dalam penelitian, terungkap bahwa dosis tunggal teh dapat meningkatkan kapasitas antioksidan pada pria dewasa sehat dalam 30-50 menit setelah ingesti. Peningkatan yang signifikan kapasitas anti-oksidan ( $p < 0.001$ ) diperiksa dengan FRAP assay setelah minum teh hijau 300 mL yang dibuat dengan 20 g daun teh kering/500 mL air (Benzie *et al*, 1999).

### b. Kanker

Telah banyak penelitian yang dilakukan untuk meneliti kemampuan teh dalam mencegah kanker yang dilakukan pada binatang percobaan. Diantaranya termasuk kanker kulit, paru-paru, esofagus, lambung, hati, usus kecil, pankreas, usus besar, vesika urinaria, prostat, dan payudara. Mekanisme yang paling berperan sebagai penghambat karsinogenesis adalah aktifitas antioksidannya (Yang dan Landau, 2000). Penelitian itu antara lain dilakukan oleh: Yang, C.S., & Wang, Z.-Y. (1998); Katiyar, S.K., & Mukhtar, H.(1996). Yang, C.S., Chung, J.Y., Yang, G.-Y., Chhabra, S.K., Lee, M.-J (2000); Blot, W.J., McLaughlin, J.K., Chow, W.-H. (1997). Kohlmeier, L., Weterings, K.G.C., Steck, S., Kok, F.J. (1997); Buschman, J.L. (1998).

### c. Kardiovaskular

Banyak penelitian telah dilakukan untuk mengetahui efek konsumsi teh pada penyakit kardiovaskular. The Boston Area Health Study menemukan bahwa seseorang yang minum satu cangkir (200–250 mL) atau lebih teh hitam per hari, rata-rata mempunyai resiko serangan jantung setengah kali dibandingkan dengan yang tidak minum teh sama sekali (Sesso *et al*, 1999). Mekanisme yang dapat menjelaskan efek proteksi teh melawan penyakit kardiovaskular adalah polyphenol teh mampu menghambat oksidasi LDL, sifat hipokolestolemiknya, dan sifat antitrombosisnya (Hartoyo, 2003; Yang dan Landau, 2000).

### d. Kesehatan mulut

Minum teh dihubungkan dengan menurunnya tingkat karies gigi pada studi cross-sectional pada 6014 anak-anak secondary school di Inggris (Jones, 1995). Teh dapat mencegah karies karena kandungan flouridenya. Selain itu, teh juga menghambat pertumbuhan bakteri pada mulut seperti *Escherichia coli*, *Streptococcus salivarius* dan *Streptococcus mutans* (Yang dan Landau, 2000).

### e. Tulang

Pada penelitian yang dilakukan pada 1256 wanita Inggris berusia 65 sampai 76 tahun, ditemukan bahwa yang minum teh mempunyai densitas tulang yang lebih besar daripada yang tidak minum. Densitas tulang lebih tinggi pada lumbar ( $p = 0.004$ ), trochanter ( $p = 0.004$ ) dan Ward's triangle ( $p = 0.02$ ). Hal ini tidak dipengaruhi oleh riwayat merokok, hormone replacement therapy, minum kopi, dan penambahan susu pada teh (Hegarty *et al.*, 2000).

#### f. Fungsi kognitif

Asupan flavanoid pada 1367 responden di atas 65 tahun mempunyai reduksi yang signifikan ( $p = 0.04$ ) pada resiko dementia (RR = 0.49, 95% CI: 0.26–0.92) (Commenges *et al.*, 2000). Hindmarch *et al.*, 2000 melaporkan bahwa konsumsi teh harian meningkatkan kognitif dan psikomotor pada dewasa sehat, begitu juga pada kopi. Tetapi, teh mengandung sedikit kafein, sehingga mempunyai efek yang lebih ringan terhadap gangguan kualitas tidur pada malam hari.

#### g. Status besi

Pada penambahan 0.1 mmol ekstrak teh hijau pada makanan yang dikonsumsi 27 wanita, 19 sampai 39 tahun, ditemukan bahwa terdapat reduksi 25% ( $p < 0.05$ ) pada absorpsi besi non-heme (Samman *et al.*, 2001). Di sisi lain efek ini mungkin bermanfaat pada pasien dengan hemokromatosis. Kaltwasser *et al.*, 1999 menemukan adanya reduksi yang signifikan pada absorpsi besi ketika 18 pasien hemokromatosis diberi teh yang kaya tanin pada makanan mereka.

#### h. Batu ginjal

Meskipun beberapa penelitian mengungkapkan bahwa teh berperan dalam absorpsi oksalat dan dalam perkembangan batu ginjal, namun pada penelitian pada 81,000 wanita berusia 40 sampai 65 tahun, tetapi Curhan *et al.*, 1998 menemukan adanya hubungan yang terbalik antara minum teh dengan terbentuknya batu ginjal. Pada konsumsi 240 mL teh menurunkan terbentuknya batu ginjal sebesar 8% (CI: 1–15%).

## B. BESI

Fungsi besi dalam tubuh terutama berkaitan dengan pembentukan hemoglobin. Dua per tiga besi dalam tubuh terdapat dalam bentuk hemoglobin, walaupun sejumlah kecil terdapat dalam bentuk yang lain, terutama dalam hati dan sumsum tulang. Pembawa elektron yang mengandung besi (terutama sitokrom) terdapat dalam mitokondria semua sel tubuh dan penting pada sebagian besar oksidasi yang terjadi dalam sel. Oleh sebab itu, besi mutlak penting baik untuk transpor oksigen ke jaringan, maupun untuk mempertahankan sistem oksidatif di dalam sel jaringan. Tanpa besi, kehidupan akan berhenti dalam beberapa detik (Guyton, 2006).

### 1. Kebutuhan Besi

Rata-rata diet mengandung 15 mg besi per hari, dimana 0,5-1 mg (5%-10%) biasanya diabsorpsi. Tetapi, usus mempunyai kapasitas untuk meningkatkan absorpsi sampai 30% besi yang dimakan (Isbister dan Pittiglio, 1999).

### 2. Sumber Besi

Besi dalam makanan terdiri dari dua bentuk, yaitu  $\text{Fe}^{2+}$  (ferro) dan  $\text{Fe}^{3+}$  (ferri). Sebagian besar ferro terdapat dalam besi heme yang banyak ditemukan dalam bahan makanan yang berasal dari hewani. Lebih dari 35% besi heme ini dapat diabsorpsi langsung. Sedangkan sebagian besar ferri terdapat dalam besi non-heme yang merupakan senyawa besi anorganik yang kompleks. Besi non-heme terdapat di dalam bahan makanan yang berasal dari nabati, yang hanya dapat diabsorpsi sebanyak 5% (Cook, 1990).

### 3. Kadar Besi

Kadar besi dalam tubuh relatif kecil. Pada pria dewasa terdapat 40-50 mg besi per kg berat badan dan pada wanita dewasa 35-50 mg per kg berat badan. Distribusi besi pada tubuh dapat dilihat pada tabel 2.

Tabe2 . Distribusi besi pada tubuh

Kompartemen	Besi (gram)	Jumlah Total (%)
Hemoglobin	2,7	66
Mioglobin	0,2	3
Enzim heme	0,008	0.1
Enzim non-heme	<0.0001	-
Simpanan intraseluler (ferritin)	1,0	30
Besi labil intraseluler (chelatable iron)	0,007	1
Tranpor interseluler (transferin)	0,003	0,1

Sumber: [http://sickle.bwh.harvard.edu/iron\\_transport.html](http://sickle.bwh.harvard.edu/iron_transport.html)

### 4. Absorpsi besi

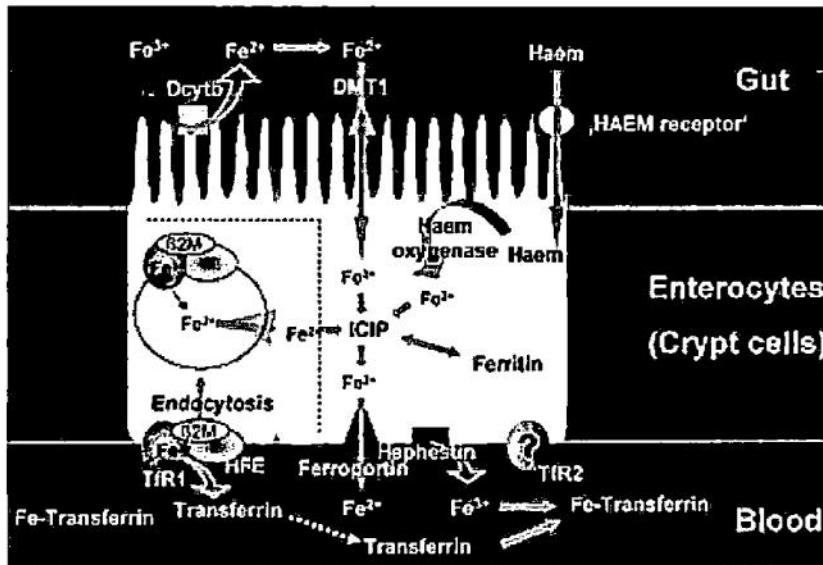
Besi diabsorpsi di semua bagian usus halus (Guyton, 2006). Sebagian besar diserap di bagian atas usus halus. Besi lebih mudah diserap dalam bentuk ferro, tetapi kebanyakan besi yang dimakan berada dalam bentuk ferri. Hanya sedikit sekali besi yang diserap di lambung, tetapi sekresi lambung melarutkan besi dan memungkinkannya membentuk suatu kompleks yang dapat larut dengan asam askorbat dan zat-zat lainnya yang membantu terjadinya reduksi  $Fe^{3+}$  menjadi



$\text{Fe}^{2+}$ . Kegiatan  $\text{Fe}^{3+}$  reduktase juga ditemukan di brush border. Baik heme  $\text{Fe}^{2+}$  maupun non-heme  $\text{Fe}^{3+}$  diserap di usus. Heme  $\text{Fe}^{2+}$  dibawa ke dalam enterosit oleh protein transport untuk heme. Besi non-heme  $\text{Fe}^{3+}$  masuk ke dalam enterosit diangkut oleh *Divalent Metal Transporter Protein* (DMT-1) (Ganong, 2002).

Sebagian  $\text{Fe}^{2+}$  dalam sitoplasma enterosit dioksidasi menjadi  $\text{Fe}^{3+}$ , dan terikat dengan apoferritin, membentuk ferritin. Sangat sulit untuk melepaskan besi dalam bentuk simpanan ini, dan pada umumnya ferritin akan menetap dalam enterosit selama dalam perjalanannya ke ujung vili dan kemudian hilang bersama feses (Ganong, 2002).

Sisa  $\text{Fe}^{2+}$  dalam sitoplasma akan ditranspor secara aktif melalui membrane basolateral oleh iron regulated transporter 1 (IRGE1 atau ferroportin) dan masuk ke dalam darah. Sedangkan bentuk  $\text{Fe}^{3+}$  akan berikatan dengan apotransferin, untuk membentuk transferin yang merupakan protein transpor besi dalam plasma. Polipeptida ini memiliki dua tempat untuk mengikat besi. Dalam keadaan normal, sekitar 35% transferin akan tersaturasi oleh besi, dan kadar normal besi dalam plasma kira-kira  $130\mu\text{g/dL}$  ( $23\mu\text{mol/dL}$ ) pada laki-laki dan  $110\mu\text{g/dL}$  ( $19\mu\text{mol/L}$ ) pada wanita. Mekanisme absorpsi besi dapat dilihat pada Gambar 6 (Ganong, 2002).



Gambar 6. Mekanisme Absorpsi Besi  
(Sumber : [www.excessiron.com/iron\\_metabolism.jsp](http://www.excessiron.com/iron_metabolism.jsp))

Dua mekanisme yang berperan dalam pengaturan absorpsi besi adalah sebagai berikut:

- Bila semua apoferitin dalam tubuh telah menjadi jenuh dengan besi, maka transferin sukar melepaskan besi ke jaringan. Sebagai akibatnya, transferin yang normalnya hanya sepertiga jenuh dengan besi, sekarang hampir seluruhnya terikat dengan besi, sehingga transferin hampir tidak dapat menerima besi baru lagi dari sel-sel mukosa. Kemudian, sebagai hasil akhir dari proses ini, pembentukan besi yang berlebihan dalam sel mukosa itu sendiri akan menekan absorpsi aktif besi dari lumen usus (Guyton, 2006).
- Bila tubuh telah kelebihan menyimpan besi, maka hati akan menurunkan kecepatannya dalam membentuk apotransferin, dengan demikian menurunkan konsentrasi molekul pembawa besi ini dalam plasma dan empedu. Oleh karena itu, semakin sedikit besi yang diabsorpsi oleh mekanisme apotransferin usus,

maka semakin sedikit pula besi yang dapat ditranspor oleh transferin plasma dari sel epitel usus (Guyton, 2006).

Ternyata, walaupun ada mekanisme pengaturan umpan balik untuk mengatur absorpsi besi ini, bila seseorang makan banyak sekali senyawa besi, maka besi yang berlebihan masuk ke dalam darah dan dapat menyebabkan penyimpanan hemosiderin yang banyak sekali dalam sel-sel retikuloendotelial di seluruh tubuh. Besi yang berlebihan ini bersifat toksik bagi tubuh (Guyton, 2006).

#### 5. Pengangkutan dan Penyimpanan Besi

Ketika besi diabsorpsi dari usus halus, besi tersebut segera bergabung dalam plasma darah dengan beta globulin, yakni apotransferin, untuk membentuk transferin yang selanjutnya diangkut dalam plasma. Ikatan ini bersifat longgar sehingga mudah dilepaskan ke setiap sel jaringan pada setiap tempat dalam tubuh, terutama di hepatosit hati dan sedikit di sel retikuloendotelial sumsum tulang. Dalam sitoplasma sel, besi ini terutama bergabung dengan suatu protein, yakni apoferitin, untuk membentuk feritin. Besi yang disimpan sebagai feritin ini disebut sebagai besi cadangan (Guyton, 2006).

Di tempat penyimpanan, ada sedikit besi yang tersimpan dalam bentuk yang sama sekali tidak larut, disebut hemosiderin. Hal ini terjadi bila jumlah total besi dalam tubuh melebihi yang dapat ditampung oleh penyimpanan apoferitin (Guyton, 2006).

Bila jumlah besi dalam plasma sangat rendah, maka besi dengan sangat mudah dilepaskan dari feritin, namun tidak semudah seperti dari hemosiderin.

Selanjutnya, besi diangkut dalam plasma dalam bentuk transferin menuju bagian tubuh yang memerlukan (Guyton, 2006).

Gambaran unik dari molekul transferin adalah, bahwa molekul ini berikatan secara kuat dengan reseptor pada membran sel eritroblas dalam sumsum tulang. Selanjutnya, bersama dengan besi yang terikat, transferin masuk ke dalam eritroblas dengan cara endositosis. Di sini, transferin mengirimkan besi secara langsung ke mitokondria, tempat dimana heme disintesis. Pada orang-orang yang dalam darahnya tidak terdapat transferin dalam jumlah cukup, maka kegagalan pengangkutan besi menuju eritroblas dapat menyebabkan anemia hipokrom yang berat, yakni adanya penurunan jumlah sel darah merah yang mengandung lebih sedikit haemoglobin daripada normal (Guyton, 2006).

Bila sel darah merah telah melampaui masa hidupnya dan hancur, maka haemoglobin yang dilepaskan dari sel akan dicerna oleh sel-sel dari sistem makrofag-monosit. Di sini, terjadi pelepasan besi bebas, dan kemudian terutama disimpan di tempat penyimpanan feritin atau digunakan lagi untuk membentuk haemoglobin baru (Guyton, 2006).

## 6. Ekskresi Besi

Pada orang dewasa, jumlah besi yang hilang dari tubuh relatif kecil. Secara umum kehilangannya tidak diatur, dan total persediaan besi tubuh diatur oleh perubahan kecepatan penyerapan di usus. Laki-laki kehilangan kira-kira 1mg/ hari, terutama dalam tinja. Sedangkan pada perempuan kehilangannya bervariasi dan

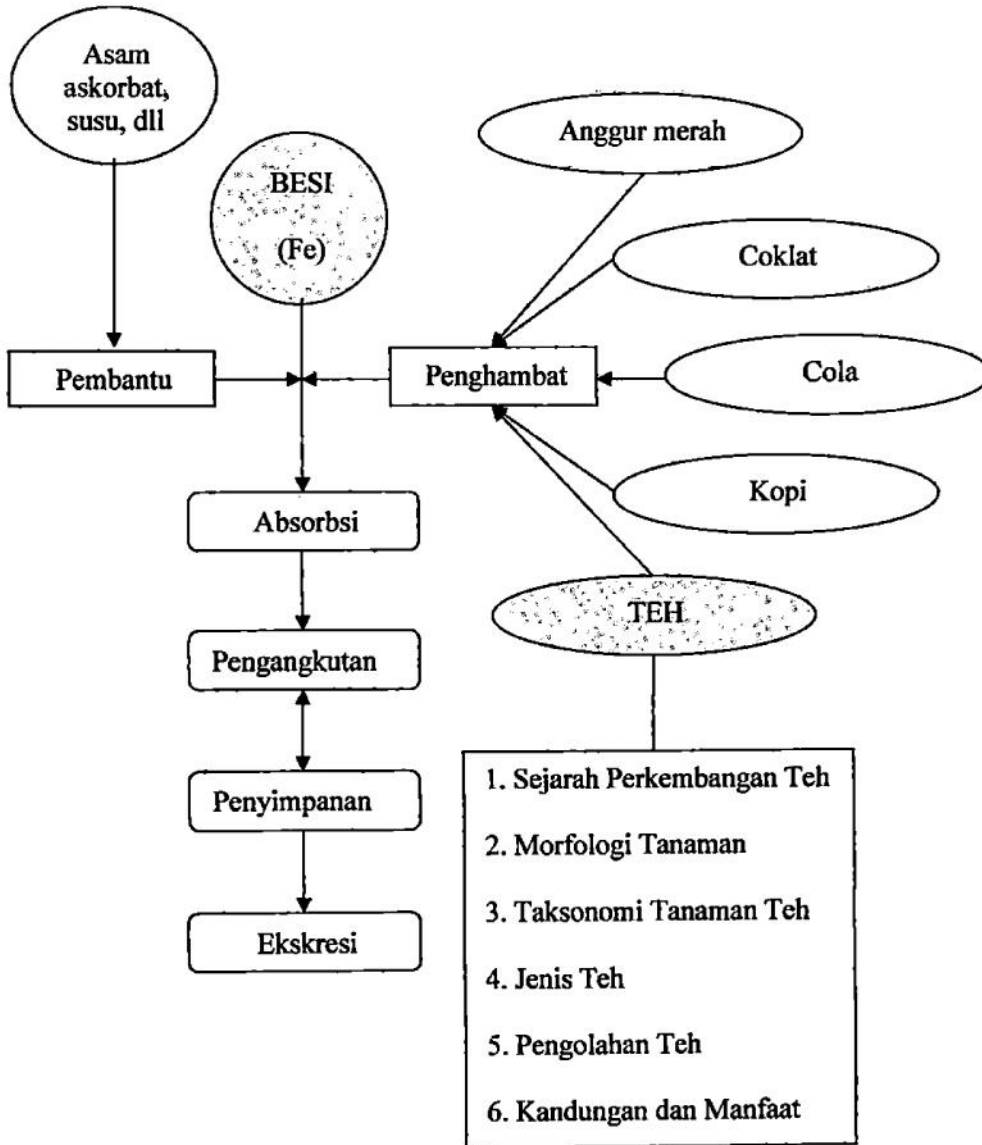
lebih besar, rata-rata dua kali angka tersebut karena penambahan kehilangan besi dalam darah selama haid (Ganong, 2003; Guyton, 2006).

#### 7. Pemeriksaan biokimia zat besi

Supariasa *et al*, 2001 menuliskan bahwa terdapat beberapa indikator laboratorium untuk menentukan status besi, yaitu:

- a. Hemoglobin (Hb)
- b. Hematokrit
- c. Besi serum
- d. Ferritin serum (Sf)
- e. Transferrin saturation (TS)
- f. Free erythrocytes protophophyrin (FEP)
- g. Unsaturated iron-binding capacity serum

### C. KERANGKA KONSEP



### D. HIPOTESIS

“Minum Teh Sesudah Makan Berefek Terhadap Kadar Besi dalam Serum”