II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Daun Suji (*Pleomele angustifolia N.E.Brown*)

2.1.1 Klasifikasi dan deskripsi tanaman

Suji (*Pleomele angustifolia N.E.Brown*) merupakan perdu tegak atau pohon kecil dengan tinggi 6 - 8 m, sering bercabang banyak; daun memita-melanset, menyempit di bawah dasar pelepah, sangat meruncing; Pembungaan malai, bercabang, panjang lebih dari 75 cm; bunga kekuning-kuningan - putih. Buah membulat dengan 3 cuping, diameter 1,5-2,5 cm, jingga terang, 1-3 biji.

Suji tumbuh tersebar dari India, Birma (Myanmar), Indo-Cina, Cina bagian selatan, Thailand, Jawa, Filipina, Sulawesi, Maluku, New Guinea dan Australia bagian utara. Suji tumbuh subur hingga ketinggian 1000 m dpl., dan menyukai daerah pegunungan atau dekat aliran air (sumur, sungai kecil). Tanaman ini sudah banyak ditanam di pekarangan rumah penduduk dengan potongan rimpangnya atau

ditanam sebagai pagar hidup, namun belum ditanam dalam skala besar atau perkebunan.

Deskripsi lengkap dari tanaman suji adalah sebagai berikut:

Tabel 1.1 Klasifikasi dan deskripsi tanaman daun suji (*Pleomele angustifolia N.E.Brown*) (Ritariata, 2010)

Klasifikasi		
Divisi	:	Spermatophyta
Subdivisi	:	Angiospermae
Kelas	:	Monocotyledoneae
Bangsa	:	Liliales
Suku	:	Liliaceae
Marga	:	Dracaena
Jenis	:	Dracaenangustifolia
Nama dagang	:	Suji

Nama daerah		
Jawa	:	Suji(Sunda,Sumatera), Sujen(Jawa)
Sulawesi	:	Tawaang Im Bolai (Minahasa)
Maluku	:	Pendusta utan (Ambon), Ngose kolotidi (Temate)

Deskripsi		
Habitus	:	Perdu, tinggi 6-8 m
Batang	:	Tegak, berkayu, beralur melintang, putih kotor
Daun :	:	Tunggal.berseling, lanset.ujung meruncing,pangkal memeluk batang, tepi rata, panjang16 20 cm, lebar 3-4 cm, pertulangan sejajar, hijau tua.
Bunga	:	Majemuk, di ujung cabang, bentuk tandan, putih keunguan.
Buah	:	Bulat, diameter ± 1 cm, hijau.
Biji	:	Bulat, putih bening.
Akar	:	Tunggang, putih kotor.
Sinonim	:	Pleomele angustifolia N.E. Brown

Daun suji (Pleomale angustifolia) banyak digunakan sebagai bahan pewarna hijau pada makanan, kue-kue tradisional dan minuman seperti untuk pewarna hijau pada es cendol. Selain memberikan pewarna hijau, daun suji juga memberikan aroma harum yang khas.

Di Maluku, dekoksi dari akar tanaman suji digunakan untuk mengatasi gonorhoe, daunnya digunakan sebagai obat luar untuk mengatasi beri-beri dan getah daun digunakan untuk menebalkan rambut. Daunnya juga digunakan untuk mewarnai minyak sayur dan menghijaukan makanan serta getah daunnya digunakan sebagai zat warna untuk mengecat. pucuk yang direbus dari tanaman *Pleomele angustifolia* dimakan sebagai sayuran. Tanaman ini terkenal sebagai tanaman hias dan sebagai tanaman pagar.

Daun *Pleomele angustifolia* juga berkhasiat sebagai obat beri-beri dan akarnya sebagai obat kencing nanah. Untuk obat beri-beri dipakai + 20 gram daun segar Pleomele angustifolia, dicuci, direbus dengan 1 gelas air selama 15 menit, setelah dingin disaring. Hasil saringan diminum sekaligus. (ritariata, 2010)

2.1.2 Kandungan daun suji

Dalam penelitian ini digunakan daun suji jenis minor (*Pleomele angustifolia N.E.Brown*) sebagai sumber klorofil. Klorofil alami bersifat lipofilik (larut lemak) karena keberadaan gugus fitolnya.

Hidrolisis dengan asam atau klorofilase terhadap gugus tersebut akan mengubahnya menjadi turunan klorofil yang larut air (hidrofilik), antara lain klorofilid dan klorofilin.

Salah satu penelitian mengenai ekstraksi daun suji adalah penelitian oleh Sri Reihana (2009). Penelitian ini bertujuan perbaikan teknik ekstraksi agar diperoleh ekstrak cair daun suji dengan kadar klorofil yang tinggi, dan menguji kapasitas antioksidan dan daya hipokolesterolemik ekstrak suji baik secara in vitro maupun in vivo menggunakan tikus percobaan untuk informasi yang diperlukan sebagai kandidat pangan fungsional. Penelitian dimulai dengan kajian terhadap proses pembuatan ekstrak suji untuk memperoleh ekstrak dengan kadar klorofil dan kapasitas antioksidan yang tinggi. Perlakuan yang diberikan difokuskan pada jenis larutan pengekstrak dan lama inkubasi enzim. Larutan pengekstrak yang dicobakan yaitu NaHCO3 dan Na2CO3 masing-masing dengan konsentrasi 0,1%, 0,3% dan 0,5%, Nasitrat 12 mM dan aquadest sebagai pembanding. Selain itu diamati pula pengaruh penambahan Tween 80 kedalam larutan pengekstrak terhadap ekstrak yang dihasilkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan Tween 80 sebesar 1% kedalam larutan pengekstrak meningkatkan jumlah klorofil larut air dan kapasitas antioksidan ekstrak.

Pengujian dilanjutkan dengan penentuan konsentrasi Tween 80 yang ditambahkan (yaitu 0,25%, 0,5%, 0,75, 1%, b/v) dan proses inkubasi yang diberikan terhadap hancuran daun (yaitu tanpa diinkubasi dan

diinkubasi pada 70-75°C selama 0,30,60 menit). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa proses ekstraksi yang dilakukan dengan menggunakan larutan pengekstrak 0,75% Tween 80 dalam Nasitrat 12 mM dan pemberian lama inkubasi selama 30 menit menghasilkan ekstrak suji yang terpilih (kode:ESTS/Ekstrak Suji Tween Sitrat). Kadar total klorofil dan kapasitas antioksidan ekstrak suji menurun selama penyimpanan satu bulan pada suhu refrigerasi, namun total padatan terlarut tidak mengalami perubahan. Meskipun penambahan antioksidan asam akorbat 0,1% (b/v) ke dalam ekstrak suji mengakibatkan menurunkan intensitas warna hijau, namun intensitas warna hijau ekstrak ini lebih stabil selama penyimpanan dibandingkan ekstrak suji tanpa penambahan asam akorbat. Kadar total klorofil juga menunjukkan pola yang sama, sehingga diduga penambahan asam askorbat dapat membantu mempertahankan kestabilan klorofil ekstrak suji dalam perlakuan penyimpanan yang diberikan.

Pengamatan terhadap perubahan kadar klorofil dan kapasitas antioksidan ESTS selama pencernaan dilakukan dengan menggunakan simulasi kondisi pencernaan in vitro dikombinasikan dengan penggunaan kantung dianalisis 6000-8000 MWCO (molecular weight cut-off) untuk estimasi tingkat penyerapan klorofil. Penurunan kadar klorofil dan kapasitas antioksidan ESTS selama pencernaan lebih besar daripada larutan SCC (sodium copper chlorophyllin) sebagai pembanding. Jumlah klorofil yang terserap (terdialisis) sekitar 6,7%

untuk ESTS (0,1 g/mL) dan 22% untuk larutan SCC 2,3 mM. Ekstrak suji maupun larutan SCC menunjukkan kemampuan menghambat penyerapan kolesterol secara in vitro. Jumlah kolesterol yang terdialisis sebesar 0% untuk ekstrak suji dan 3,9% untuk larutan SCC 2,35mM. sebagai pembanding yaitu pelarut ekstrak suji (Tween 80 0,75% dalam Nasitrat 12 mM) menghasilkan 112% kolesterol yang terdialisis (Chernomorsky, 1999).

Klorofil yang terkandung dalam daun suji juga menunjukkan kemampuan antioksidatif secara In vitro dan ex vivo, serta daya hipokolesterolemik secara in vivo. Kedua aktivitas biologis ini sangat baik untuk menekan kejadian aterosklerosis.

Gambar 2.1: Daun suji (*Pleomele angustifolia*)
(Mayo C, 2009)

2.2 Klorofil

Klorofil merupakan figmen hijau yang ditemukan pada tanaman. Ia mempunyai kemampuan yang unik dalam mengkonfersi energi matahari di

dunia menjadi energy kimiawi melalui fotosintesis serta tumbuhan membuat karbohidrat dari CO_2 dan air melalui fotosintesis ini. Akhirnya semua makhluk hidup mendapat energi dari energi matahari melalui fotosintesis dan menjaga tetap hidup. Sebagai bahan dasar yang terlibat dalam konduksi energi matahari dan sintesis organism, klorofil merupakan elemen penting untuk akar kehidupan makhluk (Peacock, 1999).

Klorofil merupakan suatu bentuk Kristal halus berwarna biru merah di dalam lilin dengan ukuran 5 µ, yang membentuk khelat dengan Mg. sebagai suatu turunan forbin yang dikombinasikan melalui cincin siklopentana pada tetrapirol yang berbentuk cincin, suatu Mg dikoordinasikan di tengah cincin tetrapirol esterified propionylic epyrrole atau parnesol dalam cincin pirol IV (Peacocok, 1999)

Banyak macam klorofil dan analognya tersebar di alam. Klorofil memancarkan fluoresensi di tempat gelap ketika diiradiasi dengan sinar ultraviolet. Klorofil a dan b terdapat pada rasio 3 : 1 atau 3 : 2 pada tumbuhan tingkat tinggi. Rumus molekul klorofil adalah:$C_{55}H_{72}MgN_4O_6$ dan chlorophyll b, $C_{55}H_{72}MgN_4O_6$.

Klorofil alami maupun sintetis (komersial) seperti SCC (*sodium copper chlorophyllin*) telah banyak teliti yang berkaitan dengan aktivitas biologisnya antara lain dalam penyembuhan luka, sifat antiperadangan dan kontrol kalsium oksalat dan deodorisasi internal. Termasuk juga dalam terapi kanker. Baik penelitian-penelitian in vivo dan in vitro aktivitas biologis telah diperlihatkan oleh SCC dan klorofil ini sebagai pencegah kanker meliputi

aktivitas anti oksidan, anti mutagenik, modulasi enzim pemetabolisasi xenobiotik, dan peninduksi apoptosis pada sel kanker (Ferruzzia, 2006).

Secara struktur klorofil merupakan suatu tetrapirol dengan ditengahnya terikat atom magnesium. Di alam, klorofil a dan b mempredominasi tanaman tingkat tinggi sedangkan klorofil c, d, dan e ditemukan pada alga dan diatomi (Ferruzzia, 2006).

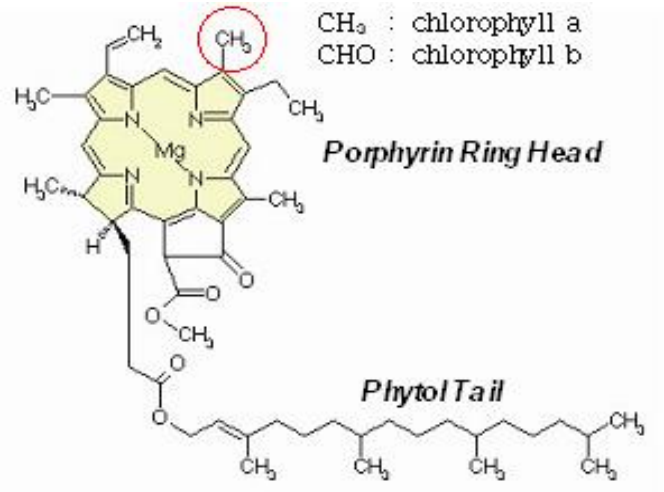
Klorofil dan turunannya menunjukkan kemampuan antioksidatif secara in vitro dan ex vivo, serta daya hipokolesterolemik secara in vivo. Kedua aktivitas biologis ini sangat baik untuk menekan kejadian aterosklerosis. Aterosklerosis dipicu oleh kolesterol lipoprotein berdensitas rendah (LDL) yang teroksidasi. Ketersediaan klorofil di alam sangat besar, sehingga perlu dilakukan kajian manfaat klorofil untuk kesehatan, khususnya dalam menekan kejadian aterosklerosis.

Pada penelitian digunakan daun suji jenis minor (*Pleomele angustifolia N.E.Brown*) sebagai sumber klorofil dengan tujuan melakukan perbaikan teknik ekstraksi agar diperoleh ekstrak cair daun suji dengan kadar klorofil yang tinggi. Dalam pengujian kapasitas antioksidan secara in vivo digunakan tikus putih Sparague dawley jantan sebanyak 3 kelompok, yaitu (1) kelompok suji (ESTS), (2) kelompok SCC dan (3) kelompok kontrol. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pemberian secara oral ESTS 0,14 g/mL maupun SCC 1 mM masing-masing sebanyak 2 ml selama 2 bulan tidak mengakibatkan perbedaan berat organ hati, limpa dan ginjal tikus. pemberian ESTS secara nyata ($p<0,05$) (Sri Raihana, 2009).

Klorofil alami bersifat lipofilik (larut lemak) karena keberadaan gugus fitolnya. Hidrolisis dengan asam atau klorofilase terhadap gugus tersebut akan mengubahnya menjadi turunan klorofil yang larut air (hidrofilik), antara lain klorofilid dan klorofilin. Secara in vitro, penyerapan klorofilin 6-9 kali lebih besar dibandingkan dengan klorofil alami. Karena itu, konversi klorofil menjadi bentuk yang larut air diharapkan dapat meningkatkan manfaat biologisnya bagi kesehatan (Sri Raihanna, 2009).

Larutan pengekstrak yang dicobakan yaitu $NaHCO_3$ dan Na_2CO_3 masing-masing dengan konsentrasi 0,1%, 0,3% dan 0,5%, Natium sitrat 12 mM dan aquadest sebagai pembanding. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan Tween 80 sebesar 1% kedalam larutan pengekstrak meningkatkan jumlah klorofil larut air dan kapasitas antioksidan ekstrak. Pengujian dilanjutkan dengan penentuan konsentrasi Tween 80 yang ditambahkan (yaitu 0,25%, 0,5%, 0,75, 1%, b/v) dan proses inkubasi yang diberikan terhadap hancuran daun (yaitu tanpa diinkubasi dan diinkubasi pada 70-75°C selama 0,30,60 menit). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa proses ekstraksi yang dilakukan dengan menggunakan larutan pengekstrak 0,75% Tween 80 dalam Nasitrat 12 mM dan pemberian lama inkubasi selama 30 menit menghasilkan ekstrak suji yang terpilih (kode:ESTS/Ekstrak Suji Tween Sitrat). Penurunan kadar klorofil dan kapasitas antioksidan ESTS selama pencernaan lebih besar daripada larutan SCC (sodium copper chlorophyllin) sebagai pembanding. Jumlah klorofil yang terserap (terdialisis) sekitar 6,7% untuk ESTS (0,1 g/mL) dan 22% untuk larutan SCC 2,3 mM.

SCC disintesa dari ekstrak klorofil alami memakai metanolik sodium hidroksida yang diikuti penggantian atom magnesium sentral tersebut dengan tembaga (Cu); sehingga dihasilkan SCC yang larut-air (Feruzzia, 2006). Pemberian SCC pada mencit dengan dosis 15 mg/kgBB secara cepat didistribusikan ke dalam hati, jantung, dan paru-paru serta dalam darah kadarnya mencapai 116 μg/ml. (Ferruzzia, 2006)



Gambar 2.2. Struktur kimiawi molekul klorofil
(Chlorophyll Theraphy Institute, 2006)

(1) Komponen utama klorofil

(a) Porfirin, merupakan suatu senyawa yang membentuk komponen pigmen seperti haemoglobin, sitokhrom dan klorofil yang memegang peran penting dalam redoks dalam tubuh. Struktur porfirin telah diteliti dengan baik sehingga ditemukan jalur biosintesisnya secara lengkap. Jika Mg di masukkan ke dalam pusat porfirin menjadi dasar klorofil, jika Fe dimasukkan ke dalam pusat porfirin makan akan menjadi protoheme, yaitu dasar dari haemoglobin, sitokhrom atau katalase.

b) Magnesium, magnesium terlibat didalam 300 metabolisme esensial dan berperan penting pada struktur dan fungsi tubuh kita. Terdapat 25 Mg dalam tubuh orang dewasa. Magnesium dikenal membantu pencegahan dan penyembuhan penyakit seperti tekanan darah tinggi, pre-eklamsia, eklamsia (Leeuwenberg, 2001).

2.3 Metabolisme klorofil

Klorofil mempunyai perbedaan dari heme di antaranya yang paling nampak adalah bahwa klorofil mempunyai sebuah magnesium di pusat sementara heme mempunyai sebuah zat besi. klorofil mempunyai kemungkinan hematopiesis dalam tubuh kita, karena hampir sama dengan hemin dalam haemoglobin (Peacock, 1999).

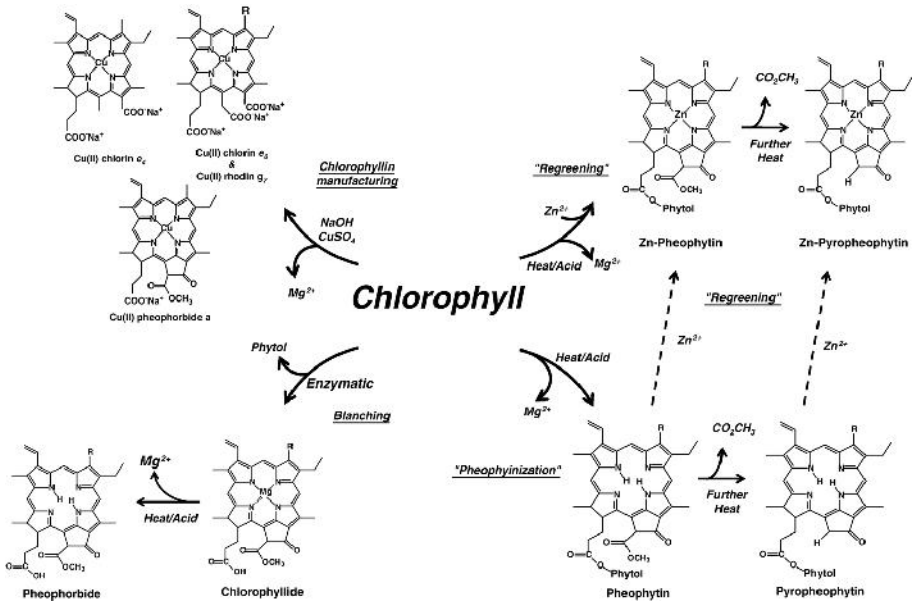
Kesamaan kimiawi antara hemoglobin dan klorofil pertama dinyatakan oleh *Berdel pada tahun 1855* dan secara lebih spesifik diperjelas pada tahun 1920-an. Dua puluh tahun kemudian penelitian-penelitian yang besar dilakukan untuk mengetahui apakah dua struktur tersebut dapat dikonversikan satu sama lain. Kesamaan diantara keduanya tidak terbatas pada penampilannya dan fungsiya saja. Ahli kimia melaporkan bahwa sintesis heme pada hewan-hewan mungkin terjadi dengan cara yang sama seperti pada tanaman.

Klorofil dalam makanan atau minimum dari klorofil yang dihaluskan dapat meningkatkan regenerasi sel darah merah dalam sumsum tulang. Molekul klorofil alami bukan secara langsung diabsorbsi kedalam aliran darah pada sebagian besar hewan. Sehingga klorofil yang tersedia untuk diabsorpsi dari

tanaman hijau sangat meningkatkan produksi hemoglobin. Beberapa porfirin sangat meningkatkan sintesis protein pada molekul hemoglobin. Sehingga molekul klorofil dapat meningkatkan produksi globin dalam tubuh, yang secara parsial bisa menjelaskan efek-efek klorofil pada sintesis hemoglobin (Peacock, 1999).

Klorofilin merupakan turunan (derivat) yang diperoleh dari hidrolisis dengan alkali dimana Mg di pusat cincin porfirin diganti dengan logam lain seperti Cu, Fe atau Co. Klorofilin a dan klorofilin b dihasilkan dari masing-masing klorofil a dan klorofil b. Klorofilin merupakan kristal mengkilap berwarna hijau gelap dan mempunyai aksi bakterisidal dan hematopoiesis karena strukturnya serupa dengan hemoglobin.

Klorofilin mempercepat pertumbuhan sel jaringan dan diketahui efeknya yang luas dalam pembersihan permukaan luka bakar, proliferasi granulasi, stimulasi pembentukan epidermis, dan deodorisasi organ respirasi atau tubuh. Klorofilin hampir tidak toksik dan digunakan untuk pewarna sabun, balsam, kosmetik atau makanan ringan.Karena klorofil alami tidak hanya sulit untuk diekstraksi tapi juga tidak larut dalam air, klorofilin yang larut dalam air yaitu SCC digunakan banyak dalam penelitian-penelitian mengenai efek biologis klorofil.



Gambar 2.3. Metabolisme Klorofil (Ferruzzia, 2006)

2.4 Tikus Galur Wistar

Tikus yang selama ini sering digunakan sebagai tikus percobaan merupakan memiliki beberpa jenis atau galur. Tidak semua jenis tikus yang kita kenal digunakan untuk melaksanakan penelitian. Tikus got yang bertubuh besar (kadang bisa membuat kucing ketakutan) bukanlah hewan yang digunakan sebagai tikus penelitian. Tikus laboratorium adalah spesies tikus *Rattus norvegicus* yang dibesarkan dan disimpan untuk penelitian ilmiah. Tikus laboratorium telah digunakan sebagai model hewan yang penting untuk penelitian di bidang psikologi, kedokteran, dan bidang lainnya.

Gambar 2.4. Tikus putih galur wistar (*Rattus norvegicus*)
(Soutar AK, 2010)

Adalah tikus Wistar strain outbred tikus albino milik spesies Rattus norvegicus. Jenis galur ini dikembangkan di ***Institut Wistar*** pada tahun 1906 untuk digunakan dalam biologi dan penelitian medis, dan adalah terutama galur tikus pertama dikembangkan sebagai model organisme pada saat laboratorium terutama menggunakan Mus musculus (mencit), atau mencit rumah. Lebih dari separuh dari semua strain tikus laboratorium adalah keturunan dari koloni asli yang dikembangkan oleh Henry fisiologi Donaldson, J. Milton administrator ilmiah Greenman, dan peneliti genetik / embriologi Helen Dean King.

Tikus Wistar saat ini menjadi salah satu yang strain tikus paling populer yang digunakan untuk penelitian laboratorium. Hal ini ditandai oleh kepala lebar, panjang telinga, dan memiliki ekor panjang yang selalu kurang dari panjang tubuhnya. Galur tikus Sprague Dawley dan Long-Evans dikembangkan dari

tikus galus Wistar. Tikus Wistar lebih aktif daripada jenis lain seperti tikus Sprague dawley.

2.5 Kolesterol dan biosintesis kolesterol

Kolesterol adalah salah satu komponen dari lemak dan lemak erupakan salah satu zat gizi yang diperlukan oleh tubuh di samping zat gizi yang lain. Lemak menjadi salah satu sumber energi yang memiliki kalori paling tinggi dan pada lemak khususnya kolesterol berfungsi untuk membentuk dinding-dinding sel dalam tubuh, dan kolesterol juga merupakan bahan utama dari pembentukan hormon steroid.

Secara normal kolesterol dapat diproduksi oleh tubuh sesuai dengan kebutuhan namun dapat meningkat karena makan yang kita makan mengandung kolesterol. Kolesterol yang berlebihan dapat membuat penumpukan di pembuluh darah dan dapat menimbulkan penyempitan, karena itulah dapat menyebabkan seseorang terserang stroke dan jantung.

Kolesterol diangkut oleh lipoprotein menuju sel-sel yang membutuhkan termasuk jantung dan otak, sedangkan kelebihan kolesterol diangkut oleh HDL (High Density Lipopretin) menuju hati yang kemudian diurai dan masuk ke empedu sebagai asam empedu. LDL memiliki kandungan lemak yang lebih banyak dibandingkan dengan dengan HDL. LDL dianggap lemak yang jahat karena dapat menempel di dinding pembuluh darah sedangkan HDL dianggap lemak yang baik karena ia membawa lemak yang berlebih menuju hati (Healhty Guide News, 2008).

Kolesterol terdapat dalam diet, dan dapat diabsorbsi dengan lambat dari saluran pencernaan ke dalam saluran limfe usus. Kolesterol sangat larut dalam lemak, tetapi hanya sedikt larut dalam air. Kolesterol secara spesifik mampu membentuk ester dengan asam lemak. Hampir 70% kolesterol dalam lipoprotein plasma memang dalam bentuk ester kolesteril (Guyton et al., 2007, Tarigan I, 2009, Mayes PA, 2003).

Selain kolesterol yang diabsorbsi setiap hari dari saluan pencernaan , yang disebut kolesterol *exogen*, suatu jumlah yang bahkan lebih besar dibentuk dalam sel tubuh, disebut kolesterol *endogen.* Pada dasarnya semua kolesterol *endogen* yang beredar dalam lipoprotein plasma dibentuk oleh hati, tetapi semua sel tubuh lain setidaknya membentuk sedikit kolesterol, yang sesuai dengan kenyataan bahwa banyak struktur membran dari seluruh sel, sebagian disusun dari zat ini (George AK et al., 2009).

Struktur dasar kolesterol adalah inti sterol. Inti sterol seluruhnya dibentuk dari molekul *Acetyl-Coenzym A*. Selanjutnya inti sterol dapat dimodifikasi dengan berbagai rantai samping untuk membentuk kolesterol, asam kolat yang merupakan dasar dari asam empedu yang dibentuk di hati, dan beberapa hormon steroid penting yang disekresi oleh korteks adrenal, ovarium, dan testis. Oleh karena itu semakin banyak mengkonsumsi makanan berlemak, semakin banyak lemak disimpan di hati, semakin banyak inti sterol dimodifikasi membentuk inti sterol, yang menyebabkan sintesis kolesterol meningkat (Guyton et al., 2007, Mayes PA, 2003).

Kolesterol yang berlebihan diekskresi dari hati ke dalam empedu sebagai kolesterol atau garam empedu. Sejumlah besar garam empedu diabsorbsi ke dalam sirkulasi porta dan kembali ke hati sebagai bagian dari sirkulasi enterohepatik (Mayes PA, 2003). Kenaikan kadar kolesterol yang terdapat pada VLDL, IDL atau LDL berkaitan dengan penyakit *atherosclerosis*, sedangkan kadar HDL yang tinggi mempunyai pengaruh protektif.

Banyak faktor yang mempengaruhi keseimbangan kolesterol di dalam jaringan. Pada tingkat jaringan berbagai proses dianggap mengendalikan kesimbangan kolesterol pada sel (Mayes PA, 2003). Peningkatan terjadi akibat (1) pengambilan lipoprotein yang mengandung kolesterol oleh reseptor, misal, reseptor LDL atau reseptor *scavenger*; (2) pengambilan kolesterol bebas dari lipoprotein yang kaya akan kolesterol ke membran sel; (3) sintesis kolesterol; (4) Hidrolisis ester kolesteril oleh enzim ester kolesteril hidrolase (Mayes PA, 2003).

Penurunan terjadi akibat (1) aliran kolesterol keluar dari membran sel ke lipoprotein yang potensial kolesterolnya rendah, khususnya HDL3 atau HDL discoid, atau praβ-HDL, dan didorong oleh enzim *Lecithin Cholesterol Acyltransferase (LCAT)*; (2) esterifikasi kolesterol oleh enzim *Acyl-Coenzym A Cholesterol Acyiltransferase (ACAT)*; (3) penggunaan kolesterol untuk sintesis senyawa steroid lainnya, seperti hormon atau asam empedu, di hati (Mayes PA:2003).

Kolesterol selalu dianggap sebagai penyebab utama penyakit jantung koroner (PJK) Plak pada kolesterol bersifat dan rapuh dan mudah pecah, dan apabila

terjadi luka pada dinding pembuluh darah dapat memicu pembetukan bekuan darah. Karena pembuluh darah sudah tersendat oleh kolesterol maka keberadaan bekuan darah dapat menyumbat sepenuhnya aliran darah, kondisi ini disebut aterosklerosis dan dapat terjadi di arteri pada jantung, otak ginjal atau organ vital lainnya. Kadar kolesterol yang tinggi dapat membuat darah menjadi kental sehingga mengurangi oksigen dan gejalanya dapat dirasakan seperti sakit kepala dan pegal-pegal, namun tidak sedikit yang tanpa gejala.

Cara jitu untuk mengontrol kolesterol adalah pola hdup yang sehat, 4S makan sehat, berpikir sehat, istirahat sehat dan aktivitas sehat. (HealthyGuideNews, 2008). Kadar kolesterol total yang sebaiknya adalah (200 mg/dl, bila > 200 mg/dl berarti resiko untuk terjadinya PJK meningkat (Bahri Anwar, 2004)

Tabel 2.1 Kadar kolesterol total

Kadar kolesterol Total		
normal	**Sedang (Pertengahan)**	**Tinggi**
< 200 mg/dl	200-239 mg/dl	>240 mg/dl

Trigliserid didalam yang terdiri dari 3 jenis lemak yaitu Lemak jenuh, lemak tidak tunggal dan lemak jenuh ganda. Kadar triglisarid yang tinggi merupakan faktor resiko untuk terjadinya PJK.

Tabel 2.2 Kadar Trigliserid total

Kadar Trigliserid			
Normal	**Sedang**	**Tinggi**	**Sangat Tinggi**
< 150 mg/dl	150 – 250 mg/dl	250-500 mg/dl	>500 mg/dl

Kadar trigliserid perlu diperiksa pada keadaan sbb : Bila kadar kolesterol total > 200 mg/dl, PJK, ada keluarga yang menderita PJK < 55 tahun, ada riwayat

keluarga dengan kadar trigliserid yang tinggi, ada penyakit DM & pankreas (Bahri Anwar, 2004)

Faktor-faktor penting yang mempengaruhi konsentrasi kolesterol plasma adalah sebagai berikut: (Guyton et al., 2007, Mayes PA, 2003, Sadoso S, 2009).

1. Peningkatan jumlah kolesterol yang dicerna setiap hari sedikit meningkatkan konsentrasi plasma. Sehingga tersedia suatu sistem kontrol umpan balik intrinsik untuk mencegah peningkatan konsentrasi kolesterol plasma yang berlebihan. Akibatnya konsentrasi kolesterol plasma biasanya tidak berubah naik atau turun lebih dari 15 % dengan mengubah jumlah kolesterol dalam diet, walaupun respon individu berbeda.
2. Diet lemak yang sangat jenuh meningkatkan konsentrasi kolesterol darah 15% - 25%. Keadaan ini akibat peningkatan penimbunan lemak dalam hati, yang kemudian menyebabkan peningkatan jumlah *Acetyl-CoA* di dalam sel hati untuk menghasilkan kolesterol. Oleh karena itu untuk menurunkan konsentrasi kolesterol darah, mempertahankan diet rendah lemak jenuh biasanya sama pentingnya dengan mempertahankan diet rendah kolesterol.
3. Pencernaan lemak yang mengandung asam lemak tak jenuh yang tinggi biasanya menekan konsentrasi kolesterol dari jumlah sedikit sampai sedang. Mekanisme dari pengaruh ini tidak diketahui, walaupun penelitian mengenai pengaruh tersebut adalah dasar dari sebagian besar perencanaan diet saat ini.

4. Kekurangan insulin atau hormon *thyroid* meningkatkan konsentrasi kolesterol darah, sedangkan kelebihan hormon tiroid menurunkan konsentrasinya. Pengaruh ini kemungkinan disebabkan terutama oleh perubahan derajat aktivitas enzim-enzim khusus yang bertanggung jawab terhadap metabolisme zat lipid.

Sejauh ini manfaat kolesterol yang terbanyak dalam tubuh selain membentuk membran adalah untuk membentuk asam kolat di hati. Sebanyak 80% kolesterol dikonversi menjadi asam kolat. Kolesterol akan berkonjugasi dengan zat lain untuk membentuk garam empedu, yang akan meningkatkan pencernaan dan absorbsi lemak.

Biosintesis kolesterol dapat dibagi menjadi 5 tahap, yaitu: (Mayes PA, 2003)

1) *Mevalonat* yang merupakan senyawa enam-karbon, disintesis dari *Acetyl-CoA.*
2) Unit *isoprenoid* dibentuk dari mevalonat dengan menghilangkan *CO2.*
3) Enam unit *isoprenoid* mengadakan kondensasi untuk membentuk *intermediate, skualen.*
4) Skualen mengalami siklisasi untuk menghasilkan senyawa *steroid* induk, yaitu *lanosterol.*
5) Kolesterol dibentuk dari *lanosterol* setelah melewati beberapa tahap lebih lanjut, termasuk menghilangkan tiga gugus metal.

2.6 Latihan intensitas sedang

Intensitas latihan menggambarkan besarnya upaya yang harus dilakukan pada saat latihan, salah satunya adalah latihan intensitas sedang, yang masih termasuk dalam latihan bersifat aerobik. Latihan intensitas sedang juga merupakan bagian dari latihan *cardio* yang dapat dilakukan dengan *treadmill*, (jalan dan lari), bersepeda, menaiki anak tangga dengan mesin, renang, badminton, tennis, volly, jogging, mendaki gunung, dan banyak lagi lainnya (Sadoso S, 2009).

Latihan intensitas sedang yang dilakukan dalam waktu yang relatif lama menyebabkan asam lemak digunakan sebagai energi, akan memperkecil peluang sintesis inti sterol, sehingga kolesterol tidak terbentuk secara berlebihan (George AK *et al*., 2009).

Pada proses ini degradasi lemak pengaruhtif terjadi pada latihan intensitas sedang dengan durasi latihan lebih dari satu jam secara kontinyu. Keadaan ini sebagian besar disebabkan oleh terjadinya pelepasan epinefrin dan norepinefrin oleh medula adrenal selama aktivitas. Kedua hormon ini secara langsung mengaktifkan enzim lipase yang menyebabkan pemecahan trigiserida yang sangat cepat dan mobilisasi asam lemak keluar dari asam lemak. Pada saat melakukan aktivitas fisik yang relatif lama terjadi peningkatan asam lemak di dalam darah yang merupakan bahan baku untuk pembentukan energi di dalam otot pada waktu melakukan aktivitas fisik. Konsentrasi asam lemak bebas dalam darah seseorang yang sedang beraktivitas dapat meningkat sampai delapan kali lipat. Kemudian asam

lemak ini akan ditransfer ke dalam otot sebagai sumber energi. Melalui mekanisme inilah yang dapat menerangkan terjadinya penurunan LDL-Kolesterol, oleh karena bahan baku utama pembentukan LDL-Kolesterol berasal dari trigliserida (Guyton *et al*., 2007, George AK *et al*., 2009).

Degradasi dan oksidasi asam lemak hanya terjadi di mitokondria. Langkah pertama pemakaian asam lemak adalah pengangkutan asam lemak ke dalam mitokondria. Transport ini adalah proses yang diperantarai oleh karnitin sebagai pembawa (*carrier*). Begitu berada di dalam mitokondria, asam lemak berpisah dari karnitin dan kemudian asam lemak didegradasi dan dioksidasi. Molekul asam lemak didegradasi dalam mitokondria dengan melepaskan segmen berkarbon dua secara progresif dalam bentuk *Acetyl-Coenzym A (Acetyl-CoA)*. Proses degradasi asam lemak ini disebut *β-Oxydai* (Guyton *et al*., 2007,Sadoso S, 2004).

Penelitian menemukan bahwa latihan aerobik pada wanita dapat menurunkan kolesterol total sebesar 19 %, LDL-Kolesterol sebesar 11 %, trigliserida 8 % serta meningkatkan kadar HDL-Kolesterol sebesar 18 % (George AK *et al*., 2009).

Hasil penelitian lainnya menemukan bahwa latihan aerobik pada wanita dapat menurunkan kolesterol total sebesar 2 %. LDL-Kolesterol turun sebesar 3 %, trigliseridaa turun 5 % serta meningkatkan kadar HDL-Kolesterol sebesar 3 % (George AK *et al*., 2009).

Penelitian lainnya juga telah menemukan bahwa pengaruh olahraga aerobik yang dilakukan selama 4 minggu pada laki-laki berusia 18 tahun dapat meningkatkan kadar HDL-Kolesterol sebesar 9 %, menurunkan trigliseridaaa 11%, tanpa adanya penurunan LDL-Kolesterol signifikan (Hasil penelitian lainnya menemukan bahwa latihan aerobik pada wanita dapat menurunkan kolesterol total sebesar 19 %, LDL-Kolesterol sebesar 11 %, trigliseridaa 8 % serta meningkatkan kadar HDL-Kolesterol sebesar 18 % (Cutler, 2003).

Penelitian lainnya menyebutkan bahwa latihan aerobik pada wanita dapat menurunkan kolesterol total sebesar 2 %, LDL-Kolesterol turun sebesar 3 %, trigliseridaa turun 5 % serta meningkatkan kadar HDL-Kolesterol sebesar 3 % (George AK *et al*., 2009).