

SKRIPSI

STUDI PERBANDINGAN EFEK PEMBERIAN BEBERAPA
PRODUK OLAHAN KEDELAI TERHADAP KADAR
KOLESTEROL TOTAL DAN KOLESTEROL-LDL DARAH
TIKUS PUTIH (*Rattus norvegicus*) DENGAN KEADAAN
HIPERKOLESTEROLEMIA



OLEH :

VINI PRIARDIYANTI

JEMBER - JAWA TIMUR

FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
S U R A B A Y A
1 9 9 9

**STUDI PERBANDINGAN EFEK PEMBERIAN BEBERAPA PRODUK
OLAHAH KEDELAI TERHADAP KADAR KOLESTEROL TOTAL
DAN KOLESTEROL-LDL DARAH TIKUS PUTIH
(*Rattus norvegicus*) DENGAN KEADAAN
HIPERKOLESTEROLEMIA**

Skripsi sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Kedokteran Hewan
pada
Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Airlangga

oleh
VINI PRIARDIYANTI
NIM 069412075

Menyetujui,
Komisi Pembimbing,




(Dr. Diah Kusumawati G., SU., Drh.)
Pembimbing Pertama

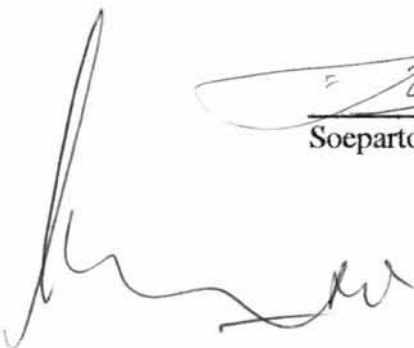



(Desianto B. Utomo., Ph.D., Drh.)
Pembimbing Kedua


Setelah mempelajari dan menguji dengan sungguh-sungguh, kami berpendapat bahwa tulisan ini baik ruang lingkup maupun kualitasnya dapat diajukan sebagai skripsi untuk memperoleh gelar SARJANA KEDOKTERAN HEWAN.


Menyetujui,
Panitia Penguji,


Soepartono Partosoewignjo, MS., Drh.
Ket u a


Prof. Dr. Mustahdi S., MSc., Drh.
Sekretaris


Lianny Nangoi, MKes., Drh.
Anggota


Dr. Diah Kusumawati G., SU., Drh.
Anggota



Desianto Budi Utomo, Ph.D., Drh.
Anggota

Surabaya, 11 Februari 1999

Fakultas Kedokteran Hewan,
Universitas Airlangga,

Dekan,




Dr. Ismudiono, MS., Drh.

**STUDI PERBANDINGAN EFEK PEMBERIAN BEBERAPA PRODUK
OLAHAN KEDELAI TERHADAP KADAR KOLESTEROL TOTAL
DAN KOLESTEROL - LDL DARAH TIKUS PUTIH
(*Rattus norvegicus*) DENGAN KEADAAN
HIPERKOLESTEROLEMIA**

Vini Priardiyanti

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan efek pemberian tempe, tahu dan sari kedelai terhadap kadar kolesterol total dan kolesterol-LDL darah tikus putih dengan keadaan hiperkolesterolemia dan manakah yang terbaik dari ketiga produk tersebut.

Hewan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tikus putih (*Rattus norvegicus*) strain Wistar jantan sebanyak 24 ekor, berumur berkisar tiga bulan dengan berat badan antara 150 -200 g. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terbagi menjadi empat perlakuan dan enam ulangan. Data dianalisis dengan menggunakan Analisis Ragam yang dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Terkecil.

Semua hewan percobaan diinduksi hiperkolesterolemik dengan cara pemberian kuning telur ayam buras dan minyak babi sebesar masing-masing 2 ml per oral sekali sehari selama empat minggu. Perlakuan pada hewan coba diberikan setelah keadaan hiperkolesterolemia tercapai. Tahap perlakuan berlangsung selama tiga minggu. P₀ merupakan kontrol hiperkolesterolemia, P₁ adalah perlakuan hiperkolesterolemia yang diberi tempe, P₂ perlakuan hiperkolesterolemia yang diberi sari kedelai dan P₃ hiperkolesterolemia yang diberi tahu. Pemeriksaan kadar kolesterol total dan kolesterol-LDL darah dilakukan pada akhir penelitian.

Hasil penelitian menunjukkan pemberian tempe, tahu dan sari kedelai memberikan pengaruh penurunan kadar kolesterol total dan kolesterol-LDL darah tikus putih dengan keadaan hiperkolesterolemia ($p < 0,01$) bila dibandingkan dengan kontrol. Namun pada Uji BNT 5% menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang nyata antar perlakuan terhadap kadar kolesterol total. Pada kolesterol-LDL penurunan terbesar terdapat pada perlakuan P₃ walaupun tidak berbeda nyata terhadap perlakuan P₂, tetapi berbeda nyata terhadap perlakuan P₁ ($p < 0,05$).

KATA PENGANTAR

Keadaan hiperkolesterolemia, terutama kolesterol-LDL erat kaitannya dengan kejadian aterosklerosis yang merupakan penyebab terjadinya penyakit jantung koroner. Banyak usaha yang dilakukan untuk mengatasi keadaan hiperkolesterolemia, di antaranya adalah dengan mengkonsumsi makanan kaya protein nabati, serat dan asam lemak tak jenuh yang terbukti dapat menurunkan kadar kolesterol darah. Di antara bahan makanan tersebut yang banyak dan mudah didapatkan di Indonesia adalah produk olahan kedelai, misalnya tempe, tahu dan sari kedelai.

Penelitian untuk mengetahui perbedaan efek pemberian tempe, tahu dan sari kedelai terhadap kadar kolesterol total dan kolesterol-LDL darah tikus putih dengan keadaan hiperkolesterolemia dilakukan dan hasilnya dituangkan dalam tulisan ini.

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

Rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya penulis sampaikan kepada Dr. Diah Kusumawati G., SU., Drh. selaku dosen pembimbing I dan Desianto B. Utomo, Ph.D. , Drh. selaku dosen pembimbing II, atas bimbingan, petunjuk, dorongan serta waktu yang telah diberikan.

Demikian pula kepada ayah dan ibu yang telah memberikan dorongan semangat, bantuan dan doa restunya. Buat Mas Heru yang selalu memberikan motivasi dan inspirasi, serta buat Dik Ipit dan Mas Tresna.

Terima kasih juga kepada Eni, Mbak Wiwin dan Mas Putut atas kerja sama selama penelitian, Pak Tulabi, Pujo dan Widya atas bantuannya. Serta teman-teman angkatan 94 dan semua pihak yang telah memberikan bantuan.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari sempurna, walaupun demikian penulis berharap hasil penelitian yang dituangkan dalam skripsi ini dapat bermanfaat bagi mereka yang membutuhkan.

Surabaya, Pebruari 1999

Penulis

DAFTAR ISI

	halaman
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I. PENDAHULUAN	1
I. 1. Latar Belakang Masalah	1
I. 2. Perumusan Masalah	4
I. 3. Landasan Teori	4
I. 4. Tujuan Penelitian	5
I. 5. Manfaat Penelitian	5
I. 6. Hipotesis Penelitian	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	6
II. 1. Metabolisme Kolesterol	6
II. 2. Metabolisme Lipoprotein	9
II. 3. <i>Low Density Lipoprotein</i> (LDL)	12
II. 4. Hiperkolesterolemia dan Aterosklerosis	13
II. 5. Kedelai	15
II. 5. 1. Morfologi dan Klasifikasi Kedelai	15
II. 5. 2. Komposisi Kedelai	15
II. 6. Produk Olahan Kedelai	19
II. 6. 1. Tempe	20

II. 6. 2. Tahu	21
II. 6. 3. Sari Kedelai	22
II. 7. Pengaruh Produk Olahan Kedelai terhadap Kadar Kolesterol Darah	23
BAB III. MATERI DAN METODE PENELITIAN	26
III. 1. Tempat dan Waktu Penelitian	26
III. 2. Bahan dan Materi Penelitian	26
III. 3. Metode Penelitian	27
III. 4. Peubah yang Diamati	30
III. 5. Rancangan Penelitian dan Analisis Data	30
BAB IV. HASIL PENELITIAN	31
IV. 1. Kolesterol Total	31
IV. 2. Kolesterol-LDL	32
BAB V. PEMBAHASAN	34
V. 1. Kolesterol Total	34
V. 2. Kolesterol-LDL	37
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	41
VI. 1. Kesimpulan	41
VI. 2. Saran	41
RINGKASAN	42
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	48

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komponen Lipoprotein	10
2. Kandungan Asam Amino Esensial Kedelai	16
3. Susunan Lemak Kedelai	17
4. Komposisi Karbohidrat Kedelai	17
5. Kandungan Vitamin Kedelai	18
6. Komposisi Zat Gizi Tempe, Tahu dan Sari Kedelai Bubuk dalam 100 g Bahan	20
7. Rataan dan Hasil Analisis Kadar Kolesterol Total Darah Tikus	31
8. Rataan dan Hasil Analisis Kadar Kolesterol-LDL Darah Tikus	32
9. Komposisi Asam Amino dari Tempe, Tahu dan Sari Kedelai	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Rumus Bangun Kolesterol dan Ester Kolesterol	6
2. Struktur Umum Lipoprotein	9
3. Mekanisme Transpor Lipoprotein	11
4. Mekanisme Peranan LDL Teroksidasi dalam Aterosklerosis ..	14
5. Produk Olahan Kedelai	19
6. Pleksus Vena Optalmika dan Posisi Penusukan Pipet Mikrohematokrit	29

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Kadar Kolesterol Total Darah Tikus Setelah Pemberian Tempe, Sari Kedelai dan Tahu	48
2. Kadar Kolesterol-LDL Darah Tikus Setelah Pemberian Tempe, Sari Kedelai dan Tahu	49
3. Analisis Ragam dan Uji Beda Nyata Terkecil Kadar Kolesterol Total Darah Tikus Putih Setelah Pemberian Tempe, Sari Kedelai dan Tahu	50
4. Analisis Ragam dan Uji Beda Nyata Terkecil Kadar Kolesterol-LDL Darah Tikus Setelah Pemberian Tempe, Sari Kedelai dan Tahu	52
5. Perhitungan Dosis Produk Olahan Kedelai	54
6. Metode Pemeriksaan Kadar Kolesterol Total Darah	56
7. Metode Pemeriksaan Kadar Kolesterol-LDL Darah	58
8. Kandungan Gizi Pakan Ayam G-2 Pellet	59

BAB I

PENDAHULUAN

I. 1. Latar Belakang Masalah

Seperti yang telah diketahui, peningkatan kesejahteraan yang dicapai oleh suatu masyarakat dapat menyebabkan perubahan pola hidup dan pergeseran pola penyakit. Pola penyakit di negara-negara berkembang diperkirakan mengalami pergeseran dari *communicable disease* ke arah *non communicable disease* yaitu penyakit kardiovaskuler, obesitas dan penyakit metabolik (Tjokroprawiro, 1987).

Kedudukan penyakit kardiovaskuler sebagai penyebab kematian di Indonesia, mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Berdasarkan Survei Kesehatan Rumah Tangga (SKRT) tahun 1972, penyakit kardiovaskuler berada pada peringkat nomor lima, kemudian pada tahun 1988 bergerak menjadi peringkat kedua. Empat tahun kemudian yaitu tahun 1992 penyakit kardiovaskuler telah menjadi penyebab kematian nomor satu (Sitepoe, 1993). Peningkatan ini terutama berhubungan dengan perubahan gaya hidup, makanan yang cenderung banyak mengandung lemak jenuh dan kurangnya pergerakan tubuh seiring dengan era industrialisasi yang berkembang pesat (Herman, 1991).

✓ Pengendalian faktor risiko reversibel penyakit kardiovaskuler merupakan langkah strategis dalam pencegahan penyakit ini. Harrison's yang

dikutip oleh Sitepoe (1993) menjelaskan bahwa faktor risiko tersebut meliputi: merokok, hipertensi, obesitas, diabetes melitus, stres, *type personality* dan hiperkolesterolemia, sedangkan umur, jenis kelamin dan keturunan merupakan faktor risiko penyakit kardiovaskuler yang bersifat irreversibel. ✓

Faktor-faktor risiko tersebut memungkinkan terjadinya aterosklerosis. Aterosklerosis merupakan kombinasi perubahan tunika intima arteri yang bervariasi yang terdiri dari penimbunan lemak, kompleks karbohidrat, darah dan produk darah, jaringan fibrosa, penimbunan kalsium bersama-sama dengan perubahan tunika media (Anwar dan Kasiman, 1992). Kejadian ini menimbulkan manifestasi klinis yang bermacam-macam, salah satunya adalah penyakit jantung koroner (PJK) (Sheperd, 1987; Herman, 1991).

Kemungkinan terdapatnya efek makanan terhadap risiko PJK menjadi bahasan yang menarik dalam kurun waktu lebih dari 40 tahun belakangan. Saat ini yang menjadi fokus utama adalah makanan yang mengandung asam lemak dan konsentrasi kolesterol dalam darah, terutama kolesterol-LDL (*low density lipoprotein*). Ulbrich dan Southgate (1991) menyatakan makanan yang rendah kolesterol dan protein hewani serta tinggi serat, asam lemak tidak jenuh ganda dan protein nabati cenderung menurunkan kadar kolesterol darah pada keadaan hiperkolesterolemia.

Beberapa penelitian pada hewan dan manusia dengan keadaan hiperkolesterolemia membuktikan bahwa protein nabati dapat menurunkan kadar kolesterol darah (Prabowo, 1994). Tetapi pada keadaan normal dengan

makanan bebas kolesterol, protein nabati cenderung tidak menurunkan kadar kolesterol darah (Beynen, 1990; De Schrijver, 1990).

Sumber protein nabati yang sering digunakan di Indonesia adalah jenis kacang-kacangan, seperti kedelai yang merupakan sumber protein nabati paling baik, relatif murah dan mudah didapat. Selain itu kedelai juga dapat digunakan sebagai sumber lemak, vitamin dan serat. Hasil olahan kedelai yang dikenal di Indonesia antara lain adalah tempe, tahu dan sari kedelai, yang kemudian dipilih sebagai bahan penelitian.

Tempe dan tahu merupakan menu yang sering dijumpai sebagai lauk makanan sehari-hari masyarakat Indonesia. Sari kedelai juga sering dikonsumsi masyarakat terutama oleh penderita *lactose intolerance*. Produk olahan kedelai ini mengalami proses pengolahan yang berbeda (Koswara, 1992; Santoso, 1993).

Beberapa penelitian yang telah dilakukan membuktikan bahwa tempe, tahu dan sari kedelai mempunyai kemampuan untuk menurunkan kadar kolesterol pada keadaan hiperkolesterolemia (Nangoi, 1994; Prabowo, 1994). Namun dosis yang digunakan pada penelitian tersebut masih terlalu besar jika hendak diaplikasikan pada manusia.

I. 2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, timbul permasalahan:

- Apakah terdapat perbedaan efek pemberian tempe, tahu dan sari kedelai terhadap kolesterol total dan kolesterol-LDL darah pada tikus putih dengan keadaan hiperkolesterolemia?
- Di antara tempe, tahu dan sari kedelai, manakah yang paling baik efeknya?

I. 3. Landasan Teori

Gangguan metabolisme lemak, terutama hiperkolesterolemia merupakan faktor sentral dari kejadian penyakit kardiovaskuler. Tingginya kadar kolesterol, khususnya kolesterol-LDL meningkatkan kecenderungan untuk terjadinya aterosklerosis (Montgomery dkk., 1993).

Pengendalian hiperkolesterolemia dengan jalan pengaturan makanan merupakan langkah yang strategis. Ulbrich dan Southgate (1991) menyatakan makanan yang rendah kolesterol dan protein hewani serta tinggi serat, asam lemak tidak jenuh ganda dan protein nabati cenderung menurunkan kadar kolesterol darah pada keadaan hiperkolesterolemia.

Kedelai yang merupakan sumber protein nabati yang paling baik, relatif murah dan mudah didapat. Selain itu kandungan lemak, vitamin dan seratnya juga baik. Tempe, tahu dan sari kedelai merupakan produk olahan kedelai yang sering dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat di Indonesia. Masing-masing

produk tersebut mengalami proses pengolahan yang berbeda (Koswara, 1992; Santoso, 1993).

I. 4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui perbedaan efek pemberian tempe, tahu dan sari kedelai terhadap kadar kolesterol total dan kolesterol-LDL darah tikus putih dengan keadaan hiperkolesterolemia dan manakah di antaranya yang memberikan manfaat paling baik.

I. 5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi terhadap penderita gangguan metabolisme lemak terutama hiperkolesterolemia dalam usahanya mendapatkan pengobatan alternatif yang mendukung terapi modern yang telah dilakukan.

I. 6. Hipotesis Penelitian

Terdapat perbedaan efek pemberian tempe, tahu dan sari kedelai terhadap kadar kolesterol total dan kolesterol-LDL darah tikus putih dengan keadaan hiperkolesterolemia.

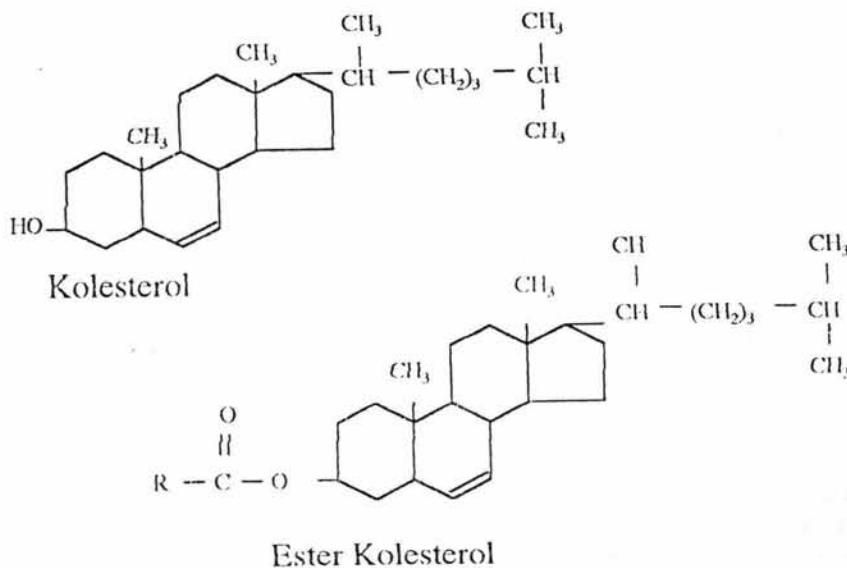
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II. 1. Metabolisme Kolesterol

Lemak dalam tubuh dan makanan meliputi lemak trigliserida, fosfolipid dan kolesterol (Guyton, 1994).

Kolesterol merupakan produk khas yang hanya dapat dihasilkan oleh hewan dan manusia saja. Secara kimiawi, kolesterol dapat ditemukan dalam bentuk kolesterol bebas atau dalam satu kompleks yang terikat dengan asam lemak membentuk grup hidroksil yang disebut ester kolesterol, seperti yang terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Rumus Bangun Kolesterol dan Ester Kolesterol (Montgomery dkk., 1993).

Brody (1994) menjelaskan fungsi kolesterol meliputi tiga hal, yaitu elemen struktural membran plasma sel, prekursor (bahan dasar) garam empedu dan hormon steroid termasuk aldosteron, estrogen, testosteron dan vitamin D.

Penggunaan kolesterol dalam tubuh paling besar adalah untuk membentuk asam kolat dalam hati. Asam kolat dikonjugasikan dengan zat lain untuk membentuk garam empedu yang nantinya digunakan untuk membantu pencernaan dan absorpsi lemak (Guyton, 1994).

Kolesterol yang berasal dari makanan disebut dengan kolesterol eksogen. Pencernaan kolesterol dari makanan berlangsung bersamaan dengan pencernaan lemak yang lain. Ester kolesterol yang merupakan bagian terbesar dari kolesterol eksogen, dihidrolisis oleh enzim kolesterol esterase pankreas menjadi kolesterol bebas dan asam lemak (Brody, 1994).

Kolesterol yang bersifat kurang larut dalam air ini mengalami emulsifikasi oleh garam empedu sehingga dapat larut air dan mudah diabsorpsi oleh mukosa usus. Sebagian besar kolesterol bebas diesterifikasi kembali menjadi ester kolesterol oleh enzim *acyl CoA:cholesterol acyltransferase* (ACAT) di dalam sel epitel mukosa usus. Kemudian bersama-sama trigliserida dan fosfolipid, kolesterol bergabung menjadi globul lemak (Glew, 1993; Brody, 1994; Guyton, 1994).

Selain itu tubuh juga dapat mensintesis kolesterol sendiri yang disebut kolesterol endogen. Kolesterol endogen diperoleh dari sintesis *de novo* yang dapat dilakukan semua sel yang berinti, terutama oleh hati. Proses ini

membutuhkan asetil KoA sebagai bahan dasarnya, yang diubah menjadi *3-Hydroxy-3-methylglutaryl-CoA* (HMG KoA). Dengan bantuan enzim HMG KoA reduktase, HMG KoA dikonversikan menjadi mevalonat. Proses selanjutnya adalah pembentukan unit isoprenoid dari mevalonat. Kemudian membentuk zat antara (skualena) dari enam unit isoprenoid. Skualena mengalami siklisasi membentuk lanosterol yang kemudian diubah menjadi kolesterol (Mayes, 1990; Glew, 1993).

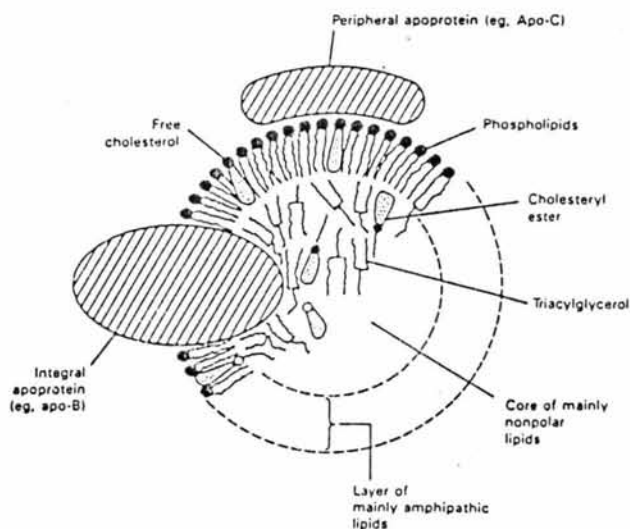
Mekanisme kontrol untuk mengatur keseimbangan kolesterol dalam tubuh dilakukan dengan beberapa cara. Pertama melalui mekanisme penghambatan umpan balik, kolesterol menghambat biosintesisnya sendiri yaitu pada enzim HMG KoA reduktase. Kedua adalah dengan mekanisme *down regulation* terhadap reseptor LDL pada permukaan sel. Hal ini akan terjadi apabila kadar kolesterol dalam sel meningkat, dan sebaliknya. Terakhir adalah melalui mekanisme pengaturan kecepatan esterifikasi dan pengambilan kolesterol bebas melalui peningkatan aktivitas enzim ACAT yang terdapat dalam sitoplasma (Mayes, 1990; Linder, 1992; Montgomery dkk., 1993; Brody, 1994).

2 Faktor-faktor yang mempengaruhi kadar kolesterol dalam darah adalah kenaikan jumlah kolesterol yang dicerna tiap hari, makanan yang mengandung lemak jenuh, pencernaan lemak yang mengandung asam lemak tidak jenuh, hormon tiroid, diabetes melitus serta hormon seks wanita dan pria. Makanan yang mengandung lemak jenuh, kekurangan hormon tiroid, diabetes melitus dan

androgen dapat meningkatkan kadar kolesterol darah. Lain halnya dengan makanan yang mengandung asam lemak tidak jenuh dan hormon estrogen mempunyai pengaruh yang menurunkan kadar kolesterol darah (Guyton, 1994). B

II. 2. Metabolisme Lipoprotein

Lemak diedarkan dalam sirkulasi darah dalam bentuk partikel khusus yang disebut lipoprotein. Lipoprotein merupakan partikel dengan struktur tertentu yang bagian intinya terdiri dari lemak-lemak non polar (trigliserida dan ester kolesterol) dan dikelilingi oleh lemak-lemak polar yang terdiri dari fosfolipid, kolesterol bebas dan protein khusus yang disebut apoprotein, seperti yang terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Struktur Umum Lipoprotein (Mayes, 1990).

Lipoprotein dibagi menjadi lima kelas utama yaitu kilomikron, VLDL (*very low density lipoprotein*), IDL (*intermediate density lipoprotein*), LDL (*low*

density lipoprotein) dan HDL (*high density lipoprotein*). Kelima kelas lipoprotein ini dapat dipisahkan dengan ultrasentrifugasi (Bondy dan Rosenberg, 1980; Montgomery dkk., 1993). Komposisi masing-masing lipoprotein pada manusia dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Lipoprotein

FRAKSI	Komposisi						
	Protein (%)	Lemak total (%)	Persentase lemak total				
			TG	FL	EK	K	FFA
Kilomikron	1-2	98-99	88	8	3	1	-
VLDL	7-10	90-93	56	20	15	8	1
IDL	11	89	29	26	34	9	1
LDL	21	79	13	28	48	10	1
HDL ₂	33	67	16	43	31	10	-
HDL ₃	57	43	13	46	29	6	6

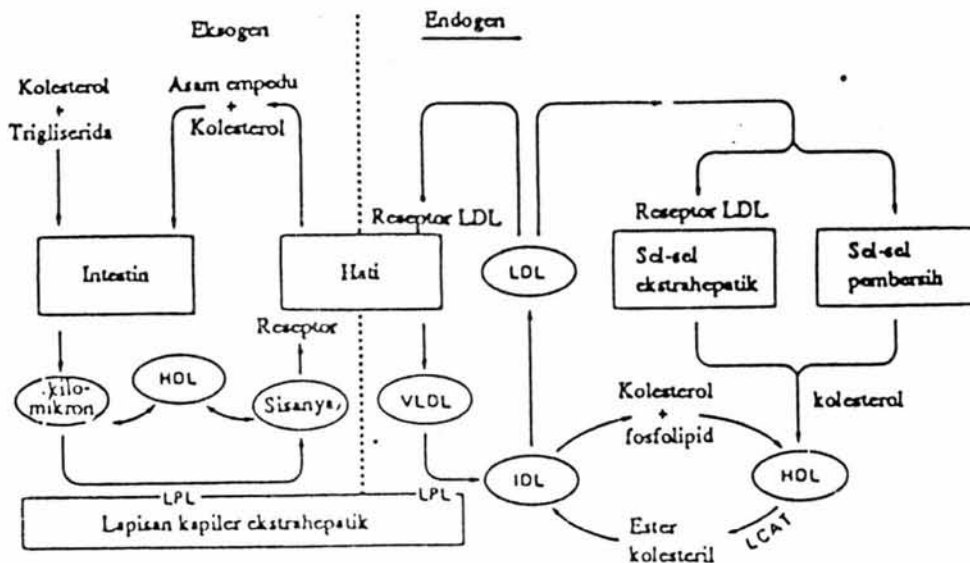
TG, trigliserida; FL, fosfolipid; EK, ester kolesterol; K, kolesterol; FFA, asam lemak bebas.

Sumber: Mayes (1990).

Pada transportasi kolesterol eksogen, setelah kolesterol diabsorpsi oleh mukosa usus kemudian bergabung dengan trigliserida dan fosfolipid membentuk globul lemak. Globul lemak bersama dengan apoprotein membentuk kilomikron yang kemudian masuk ke sirkulasi darah melalui duktus toraksikus. Kurang dari satu jam, kilomikron mengalami hidrolisis oleh enzim lipoprotein lipase (LPL) untuk melepaskan asam lemak yang digunakan sebagai energi sel tubuh dan disimpan dalam jaringan adiposa dan hati (Clayton, 1991). Kilomikron yang telah mengalami hidrolisis dinamakan kilomikron *remnant*.

Partikel yang kaya akan ester kolesterol dan apo-E ini kemudian diambil oleh hati (Montgomery dkk, 1993; Brody, 1994).

Lipoprotein yang berasal dari hati, yaitu VLDL akan membawa kolesterol beserta trigliserida dan fosfolipid dari hati ke sirkulasi darah. Partikel-partikel VLDL ini di pembuluh kapiler berinteraksi dengan enzim LPL membebaskan trigliserida. Lipoprotein yang kehilangan sebagian besar trigliserida ini disebut IDL. Kemudian IDL mengalami hidrolisis lebih lanjut menjadi LDL. Terakhir, LDL diterima oleh jaringan perifer melalui pengenalan apo-B oleh reseptor (Mayes, 1990; Montgomery dkk., 1993; Brody, 1994).



Gambar 3. Mekanisme Transpor Lipoprotein (Linder, 1992).

Di samping itu, hati dan usus juga mensintesis HDL yang disekresikan ke sirkulasi darah dan mengalami pematangan dengan bantuan enzim *lecithin*

cholesterol acyltransferase (LCAT). Partikel-partikel HDL yang matang akan membawa kolesterol dari jaringan perifer ke hati, untuk selanjutnya diekskresikan melalui empedu. Alur ini merupakan pengangkutan balik kolesterol (Mayes, 1990; Brody, 1994). Skema mekanisme tranpor lipoprotein dapat dilihat pada gambar 3.

II. 3. *Low Density Lipoprotein* (LDL)

Low Density Lipoprotein (LDL) merupakan kompleks lemak dan protein yang mempunyai diameter 20-25 nm dengan densitas atau kepadatan antara 1,019 sampai 1,063. Sesuai dengan peranannya sebagai pengangkut kolesterol ke jaringan perifer, maka kandungan terbesar LDL adalah kolesterol yang terdiri dari ester kolesterol 48% dan kolesterol bebas 10%. Kandungan yang lain adalah trigliserida 13%, fosfolipid 28% dan protein 21% (Mayes, 1990).

Lebih lanjut Mayes (1990) menjelaskan LDL memiliki struktur inti yang terdiri dari trigliserida dan ester kolesterol. Lapisan selanjutnya adalah fosfolipid, kolesterol bebas dan apoprotein yang mengelilingi struktur inti. Apoprotein B -100 merupakan protein struktural utama dari LDL yang disintesis oleh hati.

Lipoprotein ini diperoleh dari hasil katabolisme VLDL, namun ada bukti yang menunjukkan bahwa beberapa di antaranya dihasilkan langsung oleh hati (Mayes, 1990; Montgomery dkk., 1993).

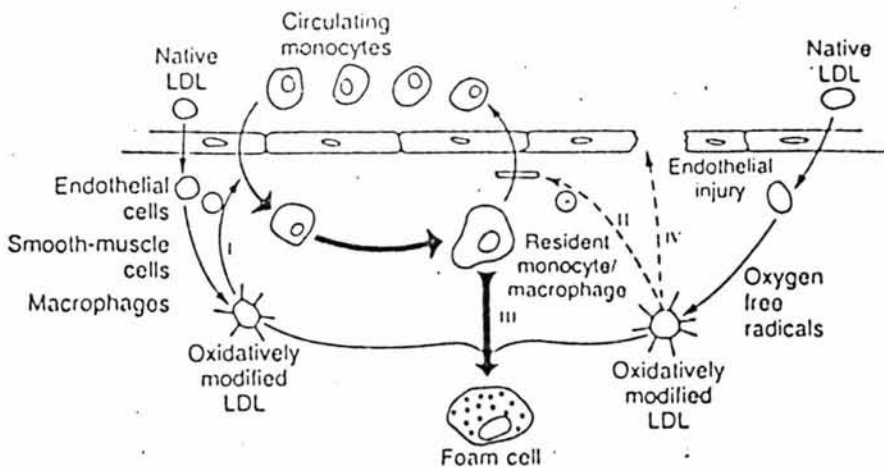
Proses pengambilan LDL dari darah ke dalam sel dimulai dengan pengenalan apoprotein B-100 oleh reseptor LDL pada membran sel yang berupa cekungan berlapis protein yang disebut *clathrin*. Dengan cara endositosis, LDL masuk ke dalam sel dan berfusi dengan lisosom yang mengandung beberapa enzim hidrolisis termasuk esterase kolesterol lisosom. Saat itu juga reseptor LDL terlepas dari LDL dan kembali ke membran sel. Ester kolesterol dari LDL mengalami hidrolisis oleh enzim esterase kolesterol lisosom menghasilkan kolesterol bebas dan molekul asam lemak rantai panjang. Kolesterol bebas ini kemudian berdifusi ke dalam sitoplasma. Hal ini mengakibatkan hambatan aktivitas enzim HMG KoA reduktase dan sintesis kolesterol. Pada saat yang sama enzim ACAT dalam retikulum endoplasma diaktivasi untuk membantu pembentukan ester kolesterol. Akumulasi kolesterol dalam sel ini kemudian menghambat pengambilan LDL oleh reseptor LDL. Fenomena ini dinamakan mekanisme *down regulation*. Kenaikan kadar LDL dalam darah memperbesar kecenderungan untuk terjadinya aterosklerosis (Mayes, 1990; Montgomery dkk., 1993, Mc Garry, 1993).

II. 4. Hiperkolesterolemia dan Aterosklerosis

Kadar kolesterol darah yang tinggi (hiperkolesterolemia), terutama bentuk yang dihasilkan oleh LDL menaikkan kecenderungan ke arah aterosklerosis (Montgomery dkk., 1993).

Stadium pertama aterosklerosis ditandai dengan pengumpulan lemak, terutama ester kolesterol pada tunika intima arteri. Akumulasi ini terjadi akibat peningkatan LDL yang masuk dalam tunika intima teroksidasi dan ditangkap oleh makrofag. Sel fagosit yang banyak mengandung kolesterol ini disebut sel busa (*foam cell*) (Steinberg *et al.*, 1989; Schwenke, 1998). Sel busa ini pada dinding arteri nampak sebagai garis lemak (*fatty streak*) (Brody, 1994). Apabila keadaan terus berlanjut maka pada akhirnya terjadi plak aterosklerotik, pada lesi ini terdapat akumulasi kolesterol di luar sel dalam bentuk kristal kolesterol serta didapati juga kalsifikasi, nekrosis dan perdarahan (Schwenke, 1998).

Skema mekanisme akumulasi LDL teroksidasi pada kejadian aterosklerosis dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Mekanisme Akumulasi LDL Teroksidasi pada Kejadian Aterosklerosis (Steinberg *et al.*, 1989).

II. 5. Kedelai

II. 5. 1. Morfologi dan Klasifikasi Kedelai

Kedelai merupakan tanaman semusim, berupa semak rendah dengan tinggi 10 -200 cm. Batang, polong dan daun ditumbuhi bulu warna abu-abu atau coklat. Daun lebat berbentuk oval atau memanjang dan mahkota bunga berwarna putih atau lila. Polongan per berkas atau tandan 1-4 (Van Steenis dkk., 1978; Hidajat, 1985).

Tanaman ini berasal dari Manchuria dan sebagian Cina yang kemudian menyebar ke daerah tropik dan sub tropik. Kedelai mudah tumbuh di daerah yang mempunyai iklim panas, curah hujan rata-rata 200 mm/bulan dan ketinggian kurang dari 500 m. Umur tanaman ini tergantung varietasnya, rata-rata berkisar antara 75 sampai 105 hari (Ketaren, 1986; Koswara, 1992).

Klasifikasi kedelai yang dikenal sekarang adalah termasuk ordo Polypetales, famili Leguminosae, subfamili Papilionoidae, genus *Glycine*, sub genus soja dan spesies max, sehingga nama latinnya *Glycine max* (Hidajat, 1985; Koswara, 1992).

II. 5. 2. Komposisi Kedelai

Protein Kedelai

Kandungan protein kedelai rata-rata 35%, bahkan mencapai 40-44% pada varietas unggul. Sebagian besar, yaitu 85-95% dari protein tersebut adalah

globulin (Koswara, 1992). Protein kedelai mempunyai komposisi asam amino yang lebih lengkap dan seimbang dibandingkan dengan jenis kacang-kacangan yang lain. Komponen asam amino esensial kedelai dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Kandungan Asam Amino Esensial Kedelai

Asam Amino	Kadar (mg/g N)
Isoleusin	340
Leusin	480
Lisin	400
Fenilalanin	310
Tirosin	200
Sistin	110
Treonin	250
Triptofan	90
Valin	330
Metionin	80

Sumber: Koswara (1992).

Lemak Kedelai

Kedelai mengandung sekitar 18-20% lemak dan 85% dari jumlah tersebut adalah asam lemak tak jenuh (Koswara, 1992). Susunan lemak kedelai dapat dilihat pada tabel 3.

Lebih lanjut Koswara (1992) menjelaskan bahwa lemak kedelai mengandung beberapa fosfolipid penting, di antaranya adalah lesitin. Kandungan lainnya adalah sitosterol yang merupakan sterol nabati yang juga dimiliki oleh kedelai (Montgomery dkk., 1993; Sitepoe, 1993).

Tabel 3. Susunan Lemak Kedelai

Jenis Asam Lemak	Jumlah (%)
Asam lemak tidak jenuh	85
- asam linoleat	25 - 64
- asam oleat	11 - 60
- asam linolenat	1 - 12
- asam heksadekanoat	1,5
Asam lemak jenuh	15
- asam palmitat	7 - 10
- asam stearat	2 - 5
- asam arakidat	0,2 - 1,0
- asam laurat	0 - 0,2

Sumber: Koswara (1992).

Karbohidrat Kedelai

Karbohidrat yang terkandung dalam kedelai adalah sekitar 35%, terdiri dari golongan oligosakarida dan polisakarida (Koswara, 1992). Lebih lanjut Koswara (1992) menjelaskan bahwa kulit kedelai mengandung 87% serat makanan, 40-53% selulosa kasar, 14-33% hemiselulosa kasar dan 1-3% serat kasar. Komposisi karbohidrat kedelai dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Komposisi Karbohidrat Kedelai

Komponen	Kadar (% biji utuh)
Selulosa	4,0
Hemiselulosa	15,0
Stakiosa	3,8
Raffinosa	1,1
Sukrosa	5,0
Gula-gula lain	sedikit

Sumber: Koswara (1992)

Vitamin dan Mineral Kedelai

Secara umum kedelai merupakan sumber vitamin B, karena mengandung banyak vitamin B₁, B₂, niasin, piridoksin, asam pantotenat dan asam folat. Vitamin lain yang cukup banyak dikandung kedelai adalah vitamin E dan K. Kandungan vitamin kedelai dapat dilihat pada tabel 5.

Mineral yang paling banyak dikandung kedelai adalah Kalsium (Ca) sebesar 2,27 mg/g dan Fosfor (P) 5,85 mg/g, sedangkan Zat Besi (Fe) terdapat dalam jumlah yang sedikit (0,8 mg/g). Mineral lain yaitu Boron (Bo), Magnesium (Mg), Berilium (Be) dan Seng (Zn) terdapat dalam jumlah yang sangat sedikit (Koswara, 1992).

Tabel 5. Kandungan Vitamin Kedelai

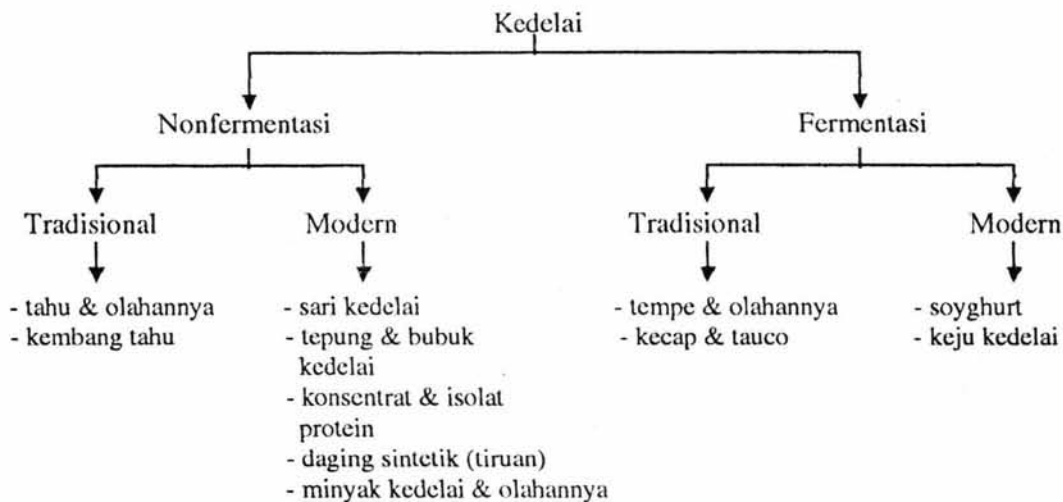
Vitamin	Jumlah ($\mu\text{g/g}$)
Vitamin B1(thiamin)	11,0 - 17,5
Vitamin B2 (riboflavin)	3,4 - 3,6
Vitamin B3 (niasin)	21,4 - 23,0
Vitamin B6 (piridoksin)	7,1 - 12,0
Biotin	0,8
Asam pantotenat	13,0 - 21,5
Asam folat	1,9
Inositol	2300
Kholin	3400
Karotenoid (pro-Vit A)	0,18 - 2,43
Vitamin E	1,4
Vitamin K	1,9

Sumber: Koswara. (1992)

Kandungan kedelai selain senyawa yang berguna di atas, terdapat senyawa anti gizi dan senyawa penyebab *off flavour*. Senyawa anti gizi yang mempengaruhi mutu produk olahan kedelai yaitu antitripsin, hemaglutinin, asam fitat dan oligosakarida penyebab *flatulesi* (kembung), sedangkan senyawa penyebab *off flavour* yaitu glukosida, saponin, estrogen dan senyawa penyebab alergi. Senyawa-senyawa ini pada proses pengolahan harus dihilangkan atau dinaktifkan (Koswara, 1992).

II. 6. Produk Olahan Kedelai

Produk olahan kedelai dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu makanan nonfermentasi dan makanan terfermentasi, seperti yang terlihat pada gambar 5. Proses pengolahan makanan nonfermentasi dan fermentasi dapat dilakukan dengan cara tradisional maupun modern (Koswara, 1992).



Gambar 5. Produk Olahan Kedelai (Koswara, 1992).

Tempe, tahu dan sari kedelai mempunyai komposisi zat gizi yang berbeda, seperti terlihat pada tabel 6.

Tabel 6. Komposisi Zat Gizi Tempe, Tahu dan Sari Kedelai Bubuk dalam 100 g Bahan

KOMPONEN	Tempe (*)	Tahu (*)	Sari Kedelai Bubuk (**)
Kalori (kal)	149,00	63,00	445,0
Air (g)	64,00	86,70	2,5
Protein (g)	18,30	7,90	32,0
Lemak (g)	4,00	4,10	17,5
Karbohidrat (g)	12,70	0,40	39,8
Serat (g)	-	0,10	1,4
Abu (g)	1,00	0,90	6,8
Kalsium (mg)	129,00	150,00	1200,0
Zat besi (mg)	10,00	2,20	4,5
Karoten (IU)	50,00	0	1200,0
Vitamin B ₁ (mg)	0,17	0,04	0,4
Vitamin B ₂ (mg)	-	0,02	2,0
Niasin (mg)	-	0,40	1,4
Vitamin C (mg)	-	0	0

Sumber: (*) Hermana (1985).

(**) Kemasan Sari Kedelai Instan "Bonus".

II. 6. 1. Tempe

Tempe adalah makanan tradisional Indonesia berupa bahan makanan hasil fermentasi biji kedelai oleh kapang (*Rhizopus sp.*) yang berupa padatan dan berbau khas serta berwarna putih keabu-abuan (Koswara, 1992; Santoso, 1993). Dewasa ini tempe tidak hanya dibuat dari biji kedelai saja. Ada beberapa jenis tempe yang beredar di kalangan masyarakat, antara lain tempe kecipir, tempe kara bengkok, tempe lamtoro, tempe bungkil (dari ampas kacang

tanah), tempe gembus (dari ampas tahu), tempe turi dan lain sebagainya. Namun pada umumnya penyebutan kata “tempe” yang dimaksud adalah tempe kedelai.

Kandungan gizi tempe seperti yang terlihat pada tabel 6, telah diakui merupakan sumber protein yang potensial karena bahan baku untuk pembuatan tempe banyak didapat di Indonesia dan harganya relatif murah, sedangkan nilai gizinya seimbang. Proses fermentasi kedelai akan meningkatkan kandungan asam lemak bebas dari 1% menjadi 30% dan menghasilkan asam linolenat yang merupakan asam lemak tidak jenuh esensial (Koswara, 1992).

II. 6. 2. Tahu

Tahu yang merupakan makanan berasal dari Cina adalah suatu produk olahan kedelai yang dihasilkan dengan cara menggumpalkan protein kedelai dengan menggunakan bahan penggumpal. Bahan yang digunakan untuk menggumpalkan protein kedelai bermacam-macam. Secara tradisional dapat digunakan biang, yaitu cairan yang keluar pada waktu pengepresan dan sudah diasamkan semalam. Bahan lain yang lazim digunakan adalah batu tahu atau sioko (CaSO_4). Kadang-kadang juga dapat digunakan air jeruk, asam cuka (90%), larutan asam laktat atau larutan CaCl_2 (Koswara, 1992; Santoso, 1993).

Terdapat dua jenis tahu yang dikenal dalam perdagangan yaitu tahu biasa dan tahu Cina. Perbedaannya, pada pembuatan tahu Cina kedelai yang digunakan direbus terlebih dahulu. Selain dibuat dari kedelai, tahu juga dapat

dibuat dari kacang hijau yang dikenal dengan tahu takwa atau tahu Kediri (Santoso, 1993).

Keuntungan tahu adalah daya cernanya yang tinggi. Selain itu senyawa antitripsin berkurang, terbuang bersama *whey* dan rusak selama pemanasan yang juga dapat menghilangkan bau *langu* kedelai (Koswara, 1992). Komposisi zat gizi dari tahu dapat dilihat pada tabel 6.

II. 6. 3. Sari Kedelai

Sari kedelai atau yang lebih dikenal dengan susu kedelai sudah dikenal di Cina sejak abad ke-2 sebelum Masehi, kemudian menyebar ke Jepang dan akhirnya ke Asia Tenggara. Namun di Indonesia sari kedelai ini masih kurang populer dikalangan masyarakat luas. Hal ini dimungkinkan karena sari kedelai mempunyai bau dan rasa yang kurang sedap (*langu*) yang disebabkan oleh aktifitas enzim lipoksinase, sehingga kurang disukai oleh masyarakat. Akan tetapi bau dan rasa *langu* ini dapat dihilangkan dengan cara menggunakan air panas (suhu 80-100°C) pada saat penggilingan kedelai atau merendam kedelai dalam air panas (suhu 80°C) selama 10-15 menit sebelum digiling (Koswara, 1992; Santoso, 1993).

Sari kedelai dibuat dengan cara menggiling kedelai yang telah direndam dalam air kemudian disaring untuk mendapat filtrat. Filtrat dididihkan dan

ditambah bumbu untuk meningkatkan rasa. Selain sari kedelai segar, dipasaran Indonesia juga terdapat sari kedelai instan.

Kandungan protein sari kedelai menurut hasil penelitian mencapai 80% dari protein susu sapi. Kandungan asam aminonya hampir sama dengan susu sapi, sehingga sari kedelai dapat digunakan sebagai pengganti susu sapi atau untuk orang yang alergi terhadap susu sapi (*lactose intolerance*) (Koswara, 1992). Komposisi zat gizi dari sari kedelai selengkapnya dapat dilihat pada tabel 6.

II. 7. Pengaruh Produk Olahan Kedelai Terhadap Kadar Kolesterol

Pengaruh produk olahan kedelai terhadap keadaan hiperkolesterolemia diduga sebagai akibat dari kandungan bahan-bahan di dalamnya, antara lain protein, lemak, karbohidrat dan vitamin.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa pada penderita hiperkolesterolemia efek hipokolesterolemik protein kedelai baru dapat terjadi apabila disertai dengan masukan kolesterol dari makanan (Beynen, 1990; De Schrijver, 1990, Potter *et al.*, 1993).

Mekanisme penurunan kadar kolesterol tersebut dikarenakan protein kedelai dapat menurunkan absorpsi kolesterol oleh usus dan kemungkinan juga mengurangi reabsorpsi asam empedu. Selain itu, protein kedelai juga mengakibatkan hambatan terhadap umpan balik negatif dari konversi kolesterol menjadi asam empedu oleh hati sehingga lebih banyak kolesterol yang diubah

menjadi asam empedu (Beynen, 1990). Sedangkan menurut Sklan *et al.* yang dikutip West *et al.* (1989), bahwa protein yang tidak tercerna dapat mengikat asam empedu sehingga tidak dapat direabsorpsi. Sebagai akibatnya ekskresi sterol netral dalam feses meningkat dan terjadi penurunan kadar kolesterol.

Lemak produk olahan kedelai kebanyakan berupa asam lemak tak jenuh ganda. Menurut Grundy yang dikutip oleh Mancini (1977) asam lemak tak jenuh ganda dapat menurunkan kadar kolesterol dengan meningkatkan kecepatan ekskresi kolesterol dan hasil metabolisemenya. Pendapat ini didukung oleh Kartini (1991) dan Widodo (1994) yang menjelaskan bahwa asam lemak tak jenuh ganda minyak kedelai dapat menurunkan kadar kolesterol darah.

Selain asam lemak tak jenuh ganda, Sitepoe (1993) mengulas bahwa kandungan sterol (sitosterol) dan fosfolipid (terutama lesitin) yang dikandung oleh tempe juga mempunyai efek hipokolesterolemik. Mekanisme kerjanya yaitu sitosterol membentuk molekul dengan kolesterol sehingga tidak dapat diserap oleh usus dan juga mengurangi kolesterol bersifat endogen dengan cara mengikatnya dan diekskresikan melalui feses. Lesitin berperan dalam pengaktifan enzim LCAT yaitu enzim yang membantu pembentukan ester kolesterol dari kolesterol dan pembentukan HDL (Montgomery dkk., 1993).

Karbohidrat pada produk olahan kedelai terdiri dari golongan olisakarida dan polisakarida. Serat makanan adalah bagian sel nabati yang tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan pada manusia sehingga tidak dapat diserap oleh usus. Serat ini dibagi menjadi polisakarida pembentuk dinding sel seperti

selulosa, serta polisakarida bukan pembentuk dinding sel (Koswara, 1992; Sitepoe, 1993). Serat dapat meningkatkan volume feses dan mempercepat waktu transit makanan. Selain itu serat kasar dapat meningkatkan konversi kolesterol menjadi asam empedu untuk kemudian diekskresikan melalui feses (West *et al.*, 1989; Koswara, 1992).

Dalam produk olahan kedelai vitamin yang paling banyak didapat adalah vitamin B. Di antara vitamin B yang memiliki efek hipokolesterolemik adalah niasin. Niasin merupakan salah satu dari obat hipolipidemik yang sering digunakan untuk pengobatan hiperkolesterolemia dan hipertrigliseridemia (Brody, 1994; Mintadi dan Tandra, 1997).

BAB III

MATERI DAN METODE PENELITIAN

III. 1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Klinik Veteriner Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga Surabaya. Pemeriksaan sampel darah dilakukan di Balai Laboratorium Kesehatan Surabaya. Penelitian berlangsung mulai tanggal 13 April sampai 1 Juni 1998.

III. 2. Bahan dan Peralatan Penelitian

Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan 24 ekor tikus putih (*Rattus norvegicus*) strain Wistar jantan berumur berkisar tiga bulan dengan berat badan antara 150 - 200 g, yang diperoleh dari Unit Pengembangbiakan Hewan Percobaan (UPHP) Universitas Gajah Mada (UGM) Yogyakarta.

Pakan perlakuan terdiri dari pakan ayam komersial G-2 pellet dari Galina (lampiran 8), tahu merek "Kalibaru", tempe merek "Malang", sari kedelai instan merek "Bonus", kuning telur ayam buras, minyak babi dan air minum dari PDAM tanpa dimasak.

Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan adalah kandang tikus putih beserta perlengkapannya, sonde yang telah dimodifikasi, alat suntik 2 ml, tabung penampung darah, pipet mikrohematokrit, timbangan berat badan tikus dan O'haus serta spektrofotometer.

III. 3. Metode Penelitian

Hewan percobaan tikus putih (*Rattus norvegicus*) galur Wistar jantan sebanyak 24 ekor dibagi dalam empat perlakuan secara acak. Masing-masing perlakuan terdiri dari enam ulangan. Perlakuan yang dibuat adalah sebagai berikut:

- P₀ : kontrol hiperkolesterolemia,
- P₁ : hiperkolesterolemia yang diberi tempe,
- P₂ : hiperkolesterolemia yang diberi sari kedelai,
- P₃ : hiperkolesterolemia yang diberi tahu.

Dosis tahu dan sari kedelai yang digunakan adalah dosis tempe, tahu dan sari kedelai yang biasa dikonsumsi perhari oleh manusia (Beck, 1993). Dosis ini kemudian dikonversikan, sehingga diperoleh dosis untuk tikus yaitu tempe 4,5 mg/g BB/hari, tahu 9 mg/g BB/hari dan sari kedelai 2,25 mg/g BB/hari (lampiran 5).

Sebelum penelitian dimulai hewan coba diadaptasikan terhadap lingkungan penelitian selama seminggu. Pakan ayam komersial G-2 pellet dan air minum diberikan secara *ad libitum* selama masa adaptasi.

Pelaksanaan penelitian ini dibagi menjadi tiga tahap, yaitu tahap induksi hiperkolesterolemik, perlakuan terhadap hewan percobaan dan pemeriksaan kadar kolesterol total dan kolesterol-LDL darah.

Tahap Induksi

Untuk menginduksi terjadinya kondisi hiperkolesterolemia digunakan pakan tinggi kolesterol yang terdiri dari pakan ayam komersial G-2 pellet ditambah dengan kuning telur ayam buras dan minyak babi. Kuning telur ayam buras dan minyak babi masing-masing 2 ml, diberikan per oral dengan menggunakan sonde yang telah dimodifikasi sekali sehari selama empat minggu

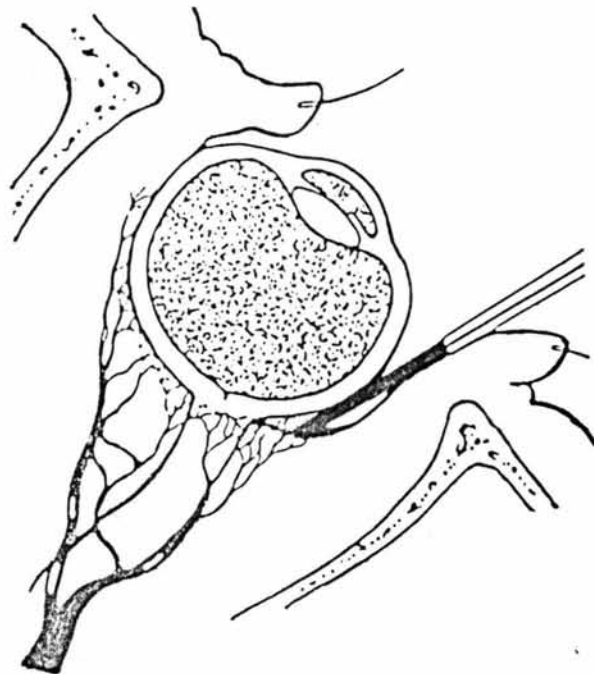
Tahap Perlakuan Terhadap Hewan Percobaan

Tahap perlakuan terhadap hewan coba dilakukan setelah keadaan hiperkolesterolemia tercapai. P₀ diberi pakan tinggi kolesterol, P₁ diberi pakan tinggi kolesterol dan tempe, P₂ diberi pakan tinggi kolesterol dan sari kedelai dan P₃ diberi pakan tinggi kolesterol dan tahu. Sebelum diberikan tempe dan tahu dikukus dan dihaluskan, sedangkan sari kedelai instan diencerkan. Pemberian tempe, tahu dan sari kedelai dilakukan sehari sekali dengan

menggunakan sonde sesuai dengan dosis yang telah ditentukan. Tahap perlakuan ini berlangsung selama tiga minggu.

Tahap Pemeriksaan Kadar Kolesterol Total dan Kolesterol-LDL Darah

Pemeriksaan sampel darah dilakukan setelah tahap perlakuan berakhir. Hewan percobaan dipuasakan selama 16-20 jam sebelum pengambilan sampel darah. Sampel darah didapat dengan cara penusukan pada pleksus vena optalmika (sinus orbitalis) menggunakan pipet mikrohematokrit, seperti pada gambar 6. Volume darah yang didapatkan sekitar 1,5 ml yang kemudian dibiarkan membeku untuk diambil serumnya.



Gambar 6. Pleksus Vena Optalmika dan Posisi Penusukan Pipet Mikrohematokrit (Waynfort and Flecknel, 1992).

Pemeriksaan kadar kolesterol total dengan menggunakan metode kolesterol oksidase-peroksidase aminofenazon fenol (CHOD-PAP) (lampiran 6) membutuhkan serum darah sebanyak 0,02 ml, sedangkan kolesterol-LDL dengan metode polivinil sulfat (PVS) (lampiran 7) membutuhkan 200 μ l. Pengukuran keduanya menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 546 nm .

III. 4. Peubah yang Diamati

Peubah bebas yang diamati dalam penelitian ini adalah produk olahan kedelai yaitu tempe, tahu dan sari kedelai, dan peubah tidak bebasnya adalah kadar kolesterol total dan kolesterol-LDL darah tikus putih.

III. 5. Rancangan Penelitian dan Analisis Data

Penelitian ini memakai metode eksperimental dengan menggunakan rancangan percobaan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Data yang diperoleh pada akhir penelitian diolah secara statistik dengan menggunakan Analisis Ragam (Anava). Bila terdapat perbedaan yang bermakna, dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) untuk mengetahui perbedaan pengaruh antar perlakuan.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

IV. 1. Kolesterol Total

Hasil pemeriksaan kadar kolesterol total darah tikus putih dengan keadaan hiperkolesterolemia yang diberi beberapa produk olahan kedelai selama tiga minggu selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1. Rataan kadar kolesterol total darah dapat dilihat pada tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7. Rataan dan Hasil Analisis Kolesterol Total Darah Tikus

Perlakuan	Kolesterol Total (mg/dl)
P ₀	101,00 ± 8,44 ^a
P ₁	86,83 ± 9,95 ^b
P ₂	88,83 ± 7,83 ^b
P ₃	79,67 ± 5,47 ^b

Keterangan: superskrip yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf nyata 0,05.

Analisis statistik dengan uji F terhadap kadar kolesterol total darah tikus putih dengan keadaan hiperkolesterolemia diperoleh hasil F hitung 7,22, sedangkan nilai F tabel (0,01) adalah 4,94. Dengan demikian F hitung lebih besar dari F tabel 0,01. Hal ini berarti pemberian beberapa produk olahan kedelai memberikan perbedaan yang sangat nyata terhadap kadar kolesterol total darah tikus putih dengan keadaan hiperkolesterolemia ($p < 0,01$).

Selanjutnya setelah dilakukan uji BNT 5% diperoleh kesimpulan bahwa kadar kolesterol total tertinggi terdapat pada kontrol, sedangkan antara perlakuan P₁, P₂ dan P₃ tidak berbeda nyata. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 3.

IV. 2. Kolesterol - LDL

Hasil pemeriksaan kadar kolesterol-LDL darah tikus putih dengan keadaan hiperkolesterolemia yang diberi beberapa produk olahan kedelai selama tiga minggu selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2. Rataan kadar kolesterol-LDL darah dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Rataan dan Hasil Analisis Kadar Kolesterol-LDL Darah Tikus

Perlakuan	Kadar Kolesterol - LDL (mg/dl)
P ₀	18,83 ± 4,17 ^a
P ₁	14,00 ± 3,74 ^b
P ₂	12,83 ± 2,86 ^{bc}
P ₃	9,83 ± 1,84 ^c

Keterangan: superskrip yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf nyata 0,05.

Analisis statistik dengan uji F terhadap kadar kolesterol-LDL darah tikus putih dengan keadaan hiperkolesterolemia diperoleh hasil F hitung 7,84, sedangkan nilai F tabel (0,01) adalah 4,94. Dengan demikian F hitung lebih besar dari F tabel (0,01). Hal ini berarti perlakuan pemberian beberapa produk

olahan kedelai memberikan perbedaan yang sangat nyata terhadap kadar kolesterol-LDL darah tikus putih dengan keadaan hiperkolesterolemia ($p < 0,01$).

Selanjutnya setelah dilakukan uji BNT 5% diperoleh kesimpulan bahwa kadar kolesterol-LDL tertinggi terdapat pada kontrol. Hasil terendah didapatkan pada perlakuan P_3 yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan P_2 , tetapi berbeda nyata dengan perlakuan P_1 . Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 4.

BAB V

PEMBAHASAN

V. 1. Kolesterol Total

Pemberian produk olahan kedelai yaitu tempe, tahu dan sari kedelai pada tikus putih dengan keadaan hiperkolesterolemia memberikan pengaruh penurunan kadar kolesterol total yang sangat bermakna ($p < 0,01$) bila dibandingkan dengan kontrol. Akan tetapi tidak didapatkan perbedaan penurunan kadar kolesterol total darah yang bermakna antar perlakuan.

Hasil penelitian ini didukung oleh penelitian sebelumnya yang membuktikan bahwa pemberian produk olahan kedelai dapat menurunkan kadar kolesterol total darah pada hewan coba tikus putih dengan keadaan hiperkolesterolemia yang diberi tepung tempe oleh Prabowo (1994) dan sari kedelai oleh Nangoi (1994). Akan tetapi dosis tempe dan sari kedelai yang didapatkan dari hasil penelitian tersebut masih terlalu besar jika hendak diaplikasikan pada manusia, yaitu 10,8 mg/g BB/hari untuk tempe dan 1,5 ml/g BB/hari untuk sari kedelai.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh West *et al.* (1989) menggunakan hewan coba kelinci, menunjukkan bahwa protein kedelai mempunyai efek hipokolesterolemik lebih jelas apabila disertai dengan pemberian pakan tinggi kolesterol. Hal yang sama juga dibuktikan oleh De Schrijver (1990) pada

hewan coba tikus putih dan Potter *et al.* (1993) pada manusia. Sabudi (1997) melakukan penelitian lebih spesifik yaitu dengan menggunakan protein tempe. Hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemberian protein tempe sebesar 25% sudah dapat menurunkan kadar kolesterol total darah tikus putih dengan keadaan hiperkolesterolemia.

Beynen (1990) berpendapat bahwa mekanisme penurunan kadar kolesterol tersebut dikarenakan protein kedelai dapat menurunkan absorpsi kolesterol oleh usus dan kemungkinan juga mengurangi reabsorpsi asam empedu. Hal ini dapat menyebabkan peningkatan ekskresi sterol netral dan asam empedu dalam feses. Selain itu, protein kedelai juga mengakibatkan hambatan terhadap umpan balik negatif dari konversi kolesterol menjadi asam empedu oleh hati, sehingga lebih banyak kolesterol yang dapat diubah menjadi asam empedu. Hal yang senada dibuktikan oleh West *et al.* (1989) dalam penelitiannya pada kelinci dan Sugano *et al.* (1990) pada manusia. Lebih lanjut West *et al.* (1989) mengutip pernyataan Sklan *et al.* yang melakukan penelitian pada ayam, bahwa protein yang tidak tercerna dapat mengikat asam empedu sehingga tidak dapat direabsorpsi. Sebagai akibatnya ekskresi sterol netral dalam feses meningkat dan terjadi penurunan kadar kolesterol.

Selain itu protein nabati yang ada dalam produk olahan kedelai dapat meningkatkan peran asam lemak tak jenuh ganda dalam diet untuk menurunkan kadar kolesterol dalam darah dan meningkatkan pengambilan kolesterol dari jaringan tubuh (Linder, 1992).

Kandungan protein tempe, tahu dan sari kedelai tidak sama besarnya. Namun bila ditinjau dari komposisi asam aminonya tidak jauh berbeda, sehingga dapat dikatakan bahwa pada proses pengolahan kedelai menjadi tempe, tahu dan sari kedelai tidak banyak mengubah kandungan asam aminonya (tabel 9). Hal senada diungkapkan oleh Sabudi (1997), yang menyatakan bahwa protein tempe dan protein kedelai mempunyai kesamaan efek dalam penurunan kadar kolesterol total. Persamaan ini dimungkinkan karena kandungan nitrogen penyusun asam amino yang relatif sama.

Tabel 9. Komposisi Asam Amino dari Tempe, Tahu dan Sari Kedelai (mg/g nitrogen total)

Asam Amino	Tempe	Tahu	Sari Kedelai
Nitrogen (g)	8,52	1,38	0,49
Isolensin	333	360	330
Leusin	529	618	470
Lisin	370	460	330
Metionin	71	108	86
Sistin	100	108	46
Fenilalanin	305	443	330
Treonin	245	235	210
Triptofan	77	133	85
Valin	332	364	360
Arginin	407	324	400
Histidin	169	191	140
Alanin	283	189	280
Asam aspartat	715	612	710
Asam glutamat	987	1.113	1.100
Glisin	266	212	310
Prolin	308	297	470
Serin	271	266	350

Sumber: Hermana (1985).

Penurunan kadar kolesterol total juga disebabkan adanya asam lemak tak jenuh ganda dalam produk olahan kedelai. Widodo (1994) membuktikan bahwa pemberian minyak kedelai pada tikus penderita hiperkolesterolemia dapat menurunkan kadar kolesterol total darah. Keadaan ini dijelaskan oleh Grundy bahwa pemberian asam lemak tak jenuh ganda akan meningkatkan kecepatan ekskresi kolesterol dan hasil metabolismenya (Mancini, 1977). Pendapat ini diperjelas oleh William *et al.* (1989) dan Goodnight *et al.* yang dikutip oleh Hostmark *et al.* (1989), bahwa mekanisme penurunan kadar kolesterol darah diduga disebabkan pemberian asam lemak tak jenuh akan meningkatkan aktivitas enzim LPL dan *hepatic endothelial lipase* sehingga katabolisme lipoprotein juga meningkat. Peningkatan katabolisme kolesterol oleh hati menyebabkan ekskresi sterol netral dan asam empedu melalui feses meningkat. Mekanisme lain menurut Linder (1992) adalah penurunan aktivitas enzim HMG KoA reduktase yang berperan dalam sintesis kolesterol endogen.

V. 2. Kolesterol - LDL

Pemberian produk olahan kedelai yaitu tempe, tahu dan sari kedelai pada tikus dengan keadaan hiperkolesterolemia memberikan pengaruh penurunan kadar kolesterol-LDL darah yang sangat bermakna ($p < 0,01$) dibandingkan dengan kontrol.

Penurunan kadar kolesterol-LDL darah yang terbesar terdapat pada pemberian tahu walaupun tidak berbeda nyata dengan perlakuan pemberian sari kedelai, tetapi berbeda nyata dengan perlakuan pemberian tempe. Di lain pihak perlakuan pemberian sari kedelai tidak berbeda nyata dengan perlakuan pemberian tempe.

Hasil penelitian ini mendukung penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Atmana (1991) membuktikan bahwa pemberian kedelai pada marmut dapat menurunkan kadar kolesterol-LDL darah.

Penelitian yang dilakukan Sirtori *et al.* (1979) memperlihatkan bahwa penggunaan protein kedelai dalam makanan pengganti protein hewani untuk penderita hiperkolesterolemia menghasilkan penurunan kadar kolesterol-LDL yang nyata. Mekanisme kerja protein dalam kedelai sehingga dapat menurunkan kadar kolesterol-LDL kemungkinan dengan menurunkan efek umpan balik negatif konversi kolesterol oleh hati menjadi asam empedu, sehingga lebih banyak kolesterol yang dipecah menjadi asam empedu. Proses ini cenderung mengurangi konsentrasi kolesterol dalam hati. Sebagai akibatnya, hati merespon dengan menambah jumlah reseptor LDL dan meningkatkan sintesis *de novo* untuk mencukupi kebutuhannya akan kolesterol. Peningkatan jumlah kolesterol-LDL yang ditangkap oleh hati akan menurunkan kadar kolesterol dalam darah dan meningkatkan ekskresi sterol netral dan asam empedu melalui feses (West *et al.*, 1989; Beynen, 1990).

Selain itu, asam lemak tak jenuh ganda juga berpengaruh menurunkan kadar kolesterol-LDL darah. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh William *et al.* (1986) pada manusia dan Hostmark *et al.* (1989) pada tikus. Sedangkan Widodo (1994) membuktikan bahwa asam lemak tak jenuh ganda dalam minyak kedelai dapat menurunkan kadar kolesterol-LDL darah tikus penderita hiperkolesterolemia.

Mekanisme penurunan tersebut kemungkinan disebabkan karena pemberian asam lemak tak jenuh ganda dalam makanan dapat merangsang sintesis VLDL ukuran besar yang mempunyai kecepatan pembersihan yang lebih cepat daripada VLDL ukuran kecil, sehingga dapat mengurangi akumulasi dari LDL. Selain itu asam lemak tak jenuh ganda dapat menambah jumlah reseptor kolesterol-LDL pada hati sehingga mempercepat pembersihan kolesterol-LDL dalam darah (Hostmark *et al.*, 1989; William *et al.*, 1989).

Perlakuan pemberian tahu menghasilkan penurunan kadar kolesterol-LDL darah yang terbesar. Hal ini diduga disebabkan oleh kandungan asam amino triptofan paling tinggi, sedangkan asam amino triptofan merupakan prekursor (bahan dasar) niasin (Beck, 1993; Sitepoe, 1993).

Niasin merupakan salah satu dari obat hipolipidemic yang bekerja dengan cara menurunkan tingkat produksi LDL dari hati. Niasin mampu menyebabkan penurunan kadar LDL dalam darah sampai 20% (Brody, 1994). Linder (1992) menjelaskan efek hipokolesterolemik dari niasin adalah dengan menurunkan konversi asam lemak bebas dengan cara menghambat lipolisis

dari jaringan adiposa melalui regulasi HMG KoA reduktase dan menghambat sintesis VLDL. Pendapat lain mengatakan bahwa niasin juga dapat meningkatkan kadar HDL dan apoprotein A-1 (Grundy dan Vega, 1992).

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

VI. 1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemberian produk olahan kedelai, yaitu tempe, tahu dan sari kedelai dapat menurunkan kadar kolesterol total dan kolesterol-LDL darah tikus putih dengan keadaan hiperkolesterolemia.
2. Tidak terdapat perbedaan efek hipokolesterolemik dari perlakuan pemberian tempe, tahu dan sari kedelai terhadap kadar kolesterol total darah tikus putih dengan keadaan hiperkolesterolemia.
3. Efek hipokolesterolemik terhadap kolesterol-LDL yang paling baik terdapat pada perlakuan pemberian tahu, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan pemberian sari kedelai.

VI. 2. Saran

Saran yang diajukan adalah dapat dianjurkan untuk menggunakan produk olahan kedelai yaitu tempe, tahu dan sari kedelai dengan dosis yang biasa dikonsumsi manusia untuk penderita hiperkolesterolemia.

RINGKASAN

Penyakit kardiovaskuler telah menjadi pembunuh nomor satu semenjak tahun 1992. Hiperkolesterolemia merupakan salah satu dari faktor resiko primer dari penyakit kardiovaskuler. Adanya hiperkolesterolemia ini memungkinkan terjadinya aterosklerosis. Kecenderungan kejadian aterosklerosis semakin meningkat apabila kadar kolesterol-LDL dalam darah meningkat. Makanan yang mengandung protein nabati, serat dan asam lemak tak jenuh dapat menurunkan kadar kolesterol darah. Kedelai merupakan sumber protein nabati yang baik. Tempe, tahu dan sari kedelai merupakan produk olahan kedelai yang sering dikonsumsi oleh masyarakat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan efek dari pemberian tempe, tahu dan sari kedelai terhadap kadar kolesterol total dan kolesterol-LDL darah tikus putih dengan keadaan hiperkolesterolemia serta manakah yang paling baik efeknya.

Tikus putih (*Rattus norvegicus*) strain Wistar jantan sebanyak 24 ekor dibagi menjadi empat perlakuan. P_0 adalah kontrol hiperkolesterolemia. P_1 adalah perlakuan hiperkolesterolemia yang diberi tempe. P_2 perlakuan hiperkolesterolemia yang diberi sari kedelai dan P_3 adalah hiperkolesterolemia yang diberi tahu. Pada akhir penelitian dilakukan pemeriksaan kadar kolesterol total dan kolesterol-LDL darah. Pemeriksaan kadar kolesterol total dengan metode CHOD-PAP dan kolesterol-LDL dengan metode PVS. Rancangan

penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), dianalisis dengan Analisis Ragam (Anava) dan bila hasilnya berbeda nyata dilanjutkan dengan Uji BNT.

Hasil penelitian menunjukkan pemberian tempe, tahu dan sari kedelai memberikan pengaruh penurunan kadar kolesterol total dan kolesterol-LDL darah tikus putih hiperkolesterolemia ($p < 0,01$). Namun tidak terdapat perbedaan yang nyata antar perlakuan pemberian beberapa produk olahan kedelai terhadap kadar kolesterol total. Pada kolesterol-LDL penurunan terbesar terdapat pada perlakuan P_3 yang tidak berbeda nyata terhadap perlakuan P_2 , tetapi berbeda nyata terhadap perlakuan P_1 ($p < 0,05$). Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disarankan pemberian tempe, tahu dan sari kedelai dengan dosis yang biasa dikonsumsi manusia untuk penderita hiperkolesterolemia.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, T.B. dan S. Kasiman. 1992. Patofisiologi dan penatalaksanaan penyakit jantung koroner. *Cermin Dunia Kedokteran*. 80:152-6.
- Atmana. 1991. Pengaruh diet kedelai dan kelapa terhadap kadar kolesterol total, kolesterol-LDL dan HDL dalam serum marmut. *Medika*. 17(11):897-79.
- Beynen, A.C. 1990. Influence of dietary protein on serum cholesterol and atherosclerosis. *Gizi Indonesia*. 15(1):55-60.
- Beck, M.E. 1993. Ilmu Gizi dan Diet: Hubungan dengan Penyakit Untuk Perawat dan Dokter (terjemahan). Yayasan Essentia Media.
- Bondy, P.K. and L.E. Rosenberg. 1980. *Metabolic Control and Disease*. W.B. Saunders Company. Philadelphia., London., Toronto. 394-411.
- Brody, T. 1994. *Nutritional Biochemistry*. Academic Press. San Diego., New York., Boston., London., Sidney., Tokyo., Toronto. 73-84, 249-87. ✓
- De Schrijver, R. 1990. Cholesterol metabolism in mature and immature rats fed animal and plant protein. *J. Nutr.* 120(12):1624-32.
- Glew, R.H. 1993. Lipid Metabolism II: Pathways of Metabolism of Specific Lipid. In: T.M. Devlin (Ed.). *Textbook of Biochemistry with Chemical Corellation*. 3rd ed. Willey-Liss. Inc. USA. 423-61.
- Grundy, S.M. and G.R. Vega. 1992. Two different views of the relationship of hipertriglyceridemia to coronary disease. *Arch Int. Med*. 152:28-32.
- Guyton, A.C. 1994. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran* (terjemahan). Bagian III. ed. 7. Penerbit Buku Kedokteran ECG. Jakarta. 142-54. ✓
- Herman, S. 1991. Pengaruh gizi terhadap penyakit kardiovaskular. *Cermin Dunia Kedokteran*. 73:12-6.
- Hermana. 1985. Pengolahan Kedelai Menjadi Berbagai Bahan Makanan. Dalam: Kedelai. S. Somaatmadja, Ismunadji, M. Sumarno, S.M. Manurung, S.O Yuswadi (Ed.). *Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Pengembangan Tanaman Pangan*. Bogor. 441-70.

- Hidajat, O.O. 1985. Morfologi Tanaman Kedelai. Dalam: Kedelai. S. Somaatmadja, Ismunadji, M. Sumarno, S.M. Manurung, S.O Yuswadi (Ed.). Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. 73. ✓
- Hostmark, A.T., E. Lystad, A. Haug and E. Eilertsen. 1989. Plasma lipids, lipoproteins, and fecal excretion of neutral sterols and bile acid in rats fed various high fat diets or a low fat/high sucrose diet. *J. Nutr.* 119(3):356-63.
- Kartini, S. 1991. Lemak dan minyak berperan dalam kesehatan. *Femina.* 22:74-6, 84. ✓
- Ketaren, S. 1986. Minyak dan Lemak Pangan. ed. 1. Penerbit UI Press. Jakarta. 247-9.
- Koswara, S. 1992. Teknologi Pengolahan Kedelai Menjadikan Makanan Bermutu. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta. ✓
- Linder, M.C. 1992. Biokimia Nutrisi dan Metabolisme dengan Pemakaian Secara Klinis (terjemahan). Penerbit UI. Jakarta.
- Mancini, M. 1977. Feedback regulation of metabolism by dietary lipid. *J. Nutr. and Metab.* 21:13-25.
- Mayes, P.A. 1990. Lipid. In: R.K. Murray, D.K. Garner, P.A. Mayes and V.W. Rodwell (Ed.). *Harper's Biochemistry.* 20th ed. Prentice Hall International Inc. New Jersey. USA. 276-285. ✓
- Mc Garry, J.D. 1993. Lipid Metabolism I: Utilization and Storage of Energy in Lipid Form. In: T.M. Devlin (Ed.). *Textbook of Biochemistry with Chemical Corellation.* 3rd ed. Willey-Liss. Inc. USA. 338-417.
- Mintadi, D.A. dan H. Tandra. 1997. Pengobatan dislipidemia pada wanita. *Media IDI.* 22(4):21-5.
- Montgomery, R., R.L. Dryer, T.W. Conway, dan A.A. Spector. 1993. Biokimia Suatu Pendekatan Berorientasi Kasus (terjemahan). Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 687-776, 890-950. ✓
- Nangoi, L. 1994. Pengaruh Suplementasi Susu Kedelai Terhadap Profil Lipid Serum Tikus Putih dengan Pakan Tinggi Lemak. Thesis. Program Pasca Sarjana. Universitas Airlangga. Surabaya.

- Pagget, G.E. and J.M. Barnes. 1964. Toxicity Test. *In*: D.R. Laurence and A.L. Bacharach (Ed.). *Evaluation of Drug Activities: Pharmacometrics*. vol. 1. Academic Press Inc. Ltd. London. 161-2.
- Potter, S.M., R.M. Bakhit, D.L. Essex-Sorlie, K.E. Weingartner, K.M. Chapman, R.A. Nelson, M. Prabhudesai, W.D. Savage, A.I. Nelson, L.W. Winter and J.W. Erdman Jr. 1993. Depression of plasma cholesterol in men by consumption of baked products containing soy protein. *Am. J. Clin. Nutr.* 58(4):501-6.
- Prabowo, G.I. 1994. Pengaruh Substitusi Tempe Kedelai dalam Diet Terhadap Profil Lipid Serum Tikus dengan Keadaan Hiperkolesterolemia. Thesis. Program Pasca Sarjana. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Sabudi, I.N.S. 1997. Pengaruh Tempe Sebagai Sumber Protein Terhadap Profil Lipid pada Tikus. Thesis. Program Pasca Sarjana. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Santoso, H.B. 1993. Pembuatan Tempe dan Tahu Kedelai: Bahan Makanan Bergizi Tinggi. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Santoso, H.B. 1993. Susu dan Yoghurt Kedelai. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Schwenke, D.C. 1998. Antioxidants and atherogenesis. *J. Nutr. Biochem.* 9:424-45.
- Sheperd, J. 1987. *Bailliere's Clinical Endocrinology and Metabolism*. 1st ed. Bailliere Tindal, USA. 510-50.
- Sirtori, C.R., E. Gatti, O. Montero, F. Conti, E. Agradi, E. Tremoli, M. Sirtori, L. Fraterrigo, L. Tavazzi and D. Kritchesky. 1979. Clinical experience with the soybean protein diet in the treatment of hypercholesterolemia. *Am. J. Clin. Nutr.* 32:1645-58.
- Sitepoe, M. 1993. *Kolesterol Fobia*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Steinberg, D., S. Parthasarathy, T.E. Carew and J.L. Witztum. 1989. Modifications of low-density lipoprotein that increase its atherogenicity. *N. Engl. J. Med.* 320(14):915-24.
- Sugano, M., S. Goto, Y. Yamada, K. Yoshida, Y. Hashimoto, T. Matsuo and M. Kimoto. 1990. Cholesterol-lowering activity of various undigested fractions of soybean protein in rats. *J. Nutr.* 120(9):977-85.

- Tjokroprawiro, A. 1987. *Diabetes Mellitus. Aspek Klinik dan Epidemiologi*. AUP. Surabaya.
- Ulbricht, T.L.V. and D.A.T. Southgate. 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet*. 338(19):985-91.
- Van Steenis, C.G.G.J., D. den Hoed, S. Bloembergen dan P.J. Eyma. 1978. *Flora untuk Sekolah di Indonesia (terjemahan)*. ed. 2. PT. Pradnya Paramita. Jakarta. 239-40.
- Waynfort, H.B. and P.A. Flecknel. 1992. *Experimental and Surgical Technique in The Rat*. Academic Press. Harcourt Brace Jovanovich Publisher. London., San Diego., New York., Boston., Sydney., Toronto., Tokyo.
- West, C.E., C.J.K. Spaaij, W.M. Clous, H.P. Twisk, M.P.H. Goertz, R.W. Hubbard, M.W. Kuyvenhoven, R.V.D. Meer, W.F. Roszkowski, A. Sanchez and A.C. Beynen. 1989. Comparison of the hypocholesterolemic effects of dietary soybean protein with those of formaldehyde-treated casein in rabbits. *J. Nutr.* 119(6):843-56.
- Widodo, F. Y. 1994. *Studi Perbandingan Antara Pengaruh Diet Minyak Kedelai dan Minyak Kelapa Sawit Terhadap Profil Lipid Darah Tikus dengan Diet Tinggi Lemak*. Thesis. Program Pasca Sarjana. Universitas Airlangga. Surabaya. ✓
- Williams, P.T., R.M. Krauss, S.K. Joyce, M.M. Dreon, K.M. Vranizan and P.D. Wood. 1986. Relationship of dietary fat, protein, cholesterol and fiber intake to atherogenic lipoprotein in men. *Am. J. Clin. Nutr.* 44(6):788-97.

LAMPIRAN

**Lampiran 1. Kadar Kolesterol Total Darah Tikus Putih (mg/dl)
Setelah Pemberian Tempe, Sari Kedelai dan Tahu**

File name: total

	p	d
	e	a
	r	t
	l	a
	k	
1	P0	103
2	P0	112
3	P0	107
4	P0	96
5	P0	88
6	P0	100
7	P1	75
8	P1	77
9	P1	96
10	P1	86
11	P1	87
12	P1	100
13	P2	89
14	P2	78
15	P2	93
16	P2	94
17	P2	81
18	P2	98
19	P3	84
20	P3	84
21	P3	77
22	P3	83
23	P3	80
24	P3	70

- P₀ : kontrol hiperkolesterolemia
 P₁ : hiperkolesterolemia yang diberi tempe
 P₂ : hiperkolesterolemia yang diberi sari kedelai
 P₃ : hiperkolesterolemia yang diberi tahu

**Lampiran 2. Kadar Kolesterol-LDL Darah Tikus Putih (mg/dl)
Setelah Pemberian Tempe , Sari Kedelai dan Tahu**

File name: LDL

	p e r l k	d t
1	P0	26
2	P0	21
3	P0	19
4	P0	16
5	P0	15
6	P0	16
7	P1	15
8	P1	9
9	P1	17
10	P1	19
11	P1	11
12	P1	13
13	P2	10
14	P2	12
15	P2	11
16	P2	14
17	P2	18
18	P2	12
19	P3	13
20	P3	9
21	P3	8
22	P3	11
23	P3	9
24	P3	9

P₀ : kontrol hiperkolesterolemia

P₁ : hiperkolesterolemia yang diberi tempe

P₂ : hiperkolesterolemia yang diberi sari kedelai

P₃ : hiperkolesterolemia yang diberi tahu

Lampiran 3. Analisis Ragam dan Uji Beda Nyata Terkecil Kadar Kolesterol Total Darah Tikus Putih Setelah Pemberian Tempe, Sari Kedelai dan Tahu.

Single Factor Randomized Design Data file: total

kolesterol total

Records read: 24
Missing data: 0
Available records: 24

Analysis of Variance

Source	SS	df	MS	F	p
Block	1414.8164	3	471.6055	7.217	.0001
Error	1306.9961	20	65.3498		
Total	2721.8125	23			

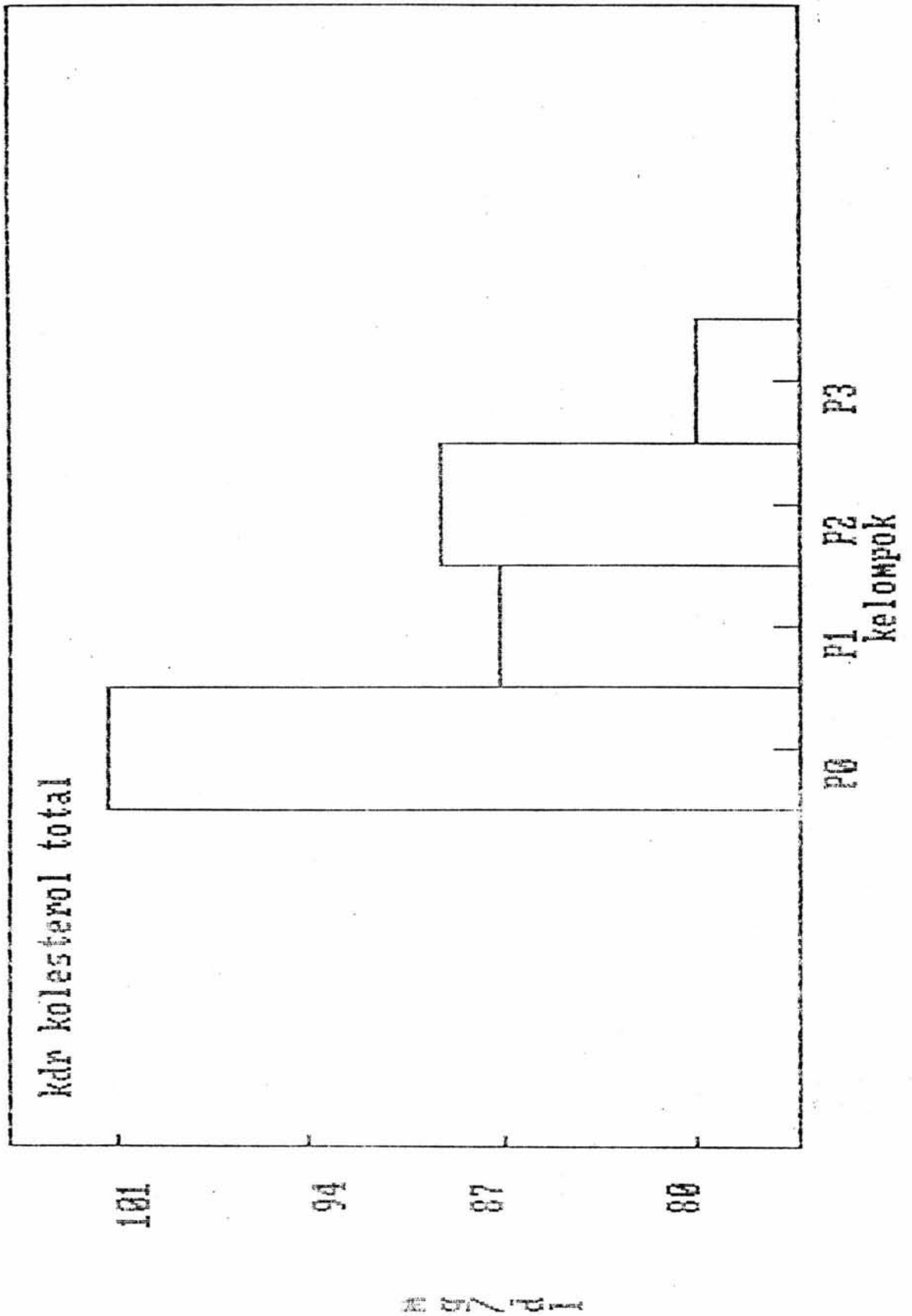
Block	P0	P1	P2	P3
1	6	6	6	6
Mean	101.000	86.833	88.833	79.667
SE	8.438	9.948	7.834	5.465

Post Hoc Test

LSD (.05) = 9.736 * LSD (.01) = 13.278

P P P P
3 1 2 0

- - **
- **
*



Lampiran 4. Analisis Ragam dan Uji Beda Nyata Terkecil Kadar Kolesterol-LDL Darah Tikus Putih Setelah Pemberian Tempe, Sari Kedelai dan Tahu

le Factor Randomized Design Data file: LDL

est.LDL

ords read: 24
 ing data: 0
 ble records: 24

ysis of Variance

ce	SS	df	MS	F	p
k	252.1252	3	84.0417	7.836	.00
or	214.4999	20	10.7250		
al	466.6251	23			

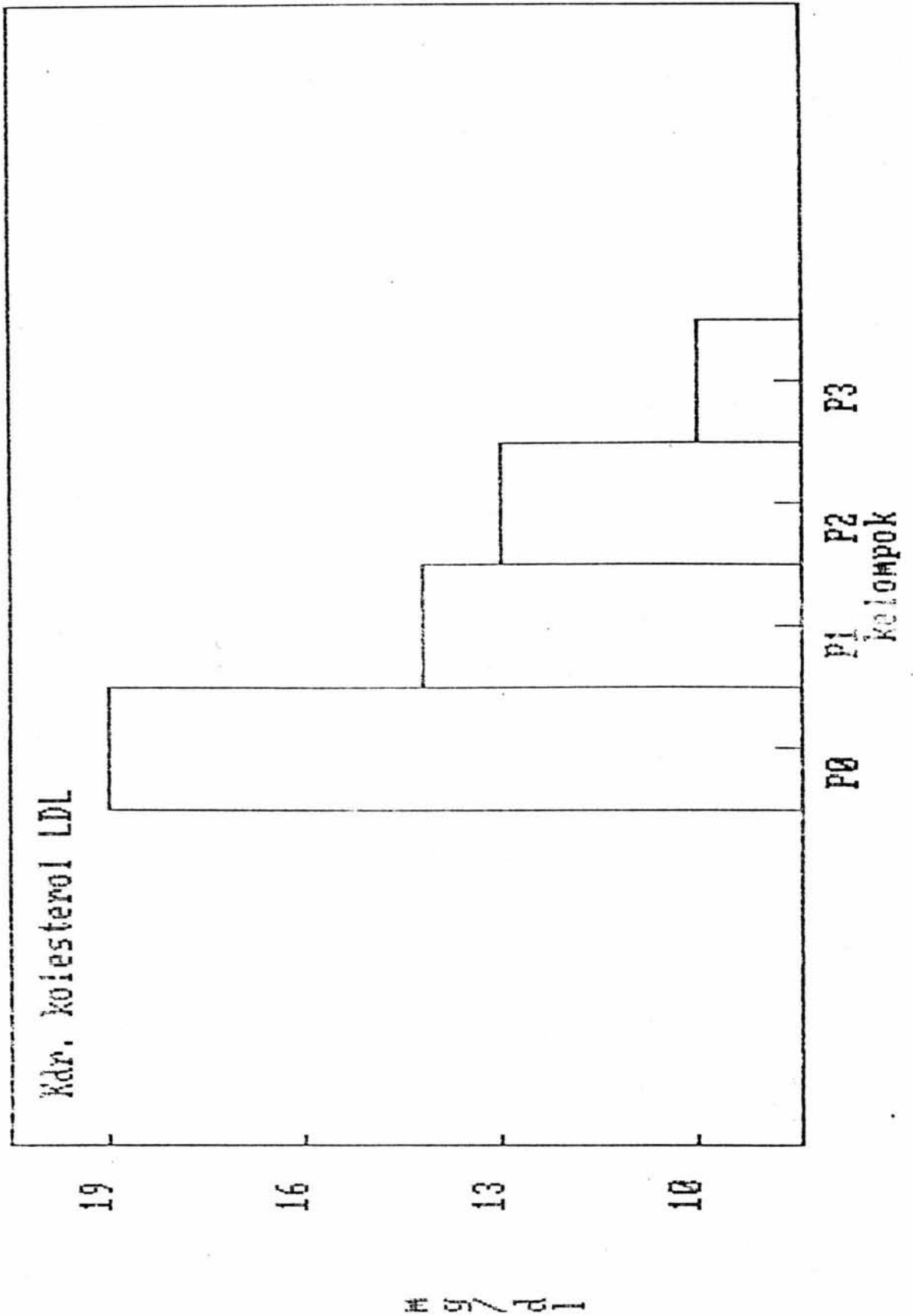
k	P0	P1	P2	P3
	6	6	6	6
	18.833	14.000	12.833	9.833
	4.167	3.742	2.858	1.835

Tes:

SD (.05) = 3.944 * LSD (.01) = 5.379

P P P P
 3 2 1 0

- * **
 - **
 *



Lampiran 5. Perhitungan Dosis Produk Olahan Kedelai

Untuk memperoleh dosis pemberian produk olahan kedelai, maka dosis tempe, tahu dan sari kedelai yang biasa dikonsumsi oleh manusia dewasa dengan berat badan 70 kg dikonversikan menjadi dosis untuk tikus dengan berat badan 200 g. Dari tabel didapatkan angka konversi 0,018 (Pagget dan Barnes, 1964).

$$\text{Dosis untuk tikus (BB 200 g)} = \text{dosis manusia (BB 70 kg)} \times 0,018$$

Tempe

$$\text{Dosis untuk manusia dewasa (BB 70 kg)} = 50 \text{ g/hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Dosis untuk tikus} &= \frac{50 \text{ g} \times 0,018}{200} \\ &= 4,5 \text{ mg/g BB/hari} \end{aligned}$$

Tahu

$$\text{Dosis untuk manusia dewasa (BB 70 kg)} = 100 \text{ g/hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Dosis untuk tikus} &= \frac{100 \text{ g} \times 0,018}{200} \\ &= 9 \text{ mg/g BB/hari} \end{aligned}$$

Sari Kedelai

Dosis untuk manusia dewasa (BB 70 kg) = 25 g/hari

$$\begin{aligned} \text{Dosis untuk tikus} &= \frac{25 \text{ g} \times 0,018}{200} \\ &= 2,25 \text{ mg/g BB/hari} \end{aligned}$$

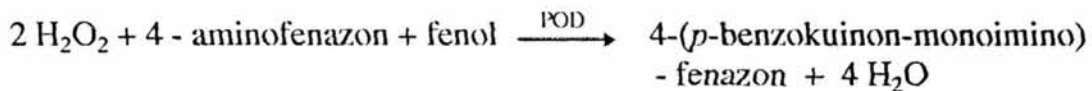
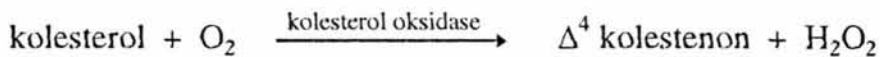
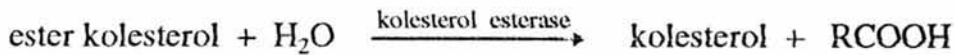
Keterangan: 25 g sari kedelai bubuk ditambahkan ke dalam segelas air (230 ml).

Lampiran 6. Metode Pemeriksaan Kadar Kolesterol Total Darah

Metode Kolesterol Oksidase-Peroksidase Aminofenazon Fenol

(CHOD-PAP)

Prinsip tes:



Material Pemeriksaan:

Material pemeriksaan terdiri dari serum darah dan reagen. Dalam botol kit mengandung reagensia: tris buffer (pH 7,7) 100 mmol/l, magnesium aspartat 50mmol/l, 4 - aminofenazon 1 mmol/l, natrium kolat 10 mmol/l, fenol 5 mmol/l, 3,4 - diklorofenol 4 mmol/l, hidroksipolietoksi - n - alkana 0,3%, kolesterol esterase $\geq 0,4$ U/ml, kolesterol oksidase $\geq 0,25$ U/ml, peroksidase $\geq 0,2$ U/ml.

Prosedur:

Isi botol kit dilarutkan dalam 10 ml *aqua bidest*, lalu 2 ml larutan reagen dimasukkan ke dalam tabung reaksi blanko dan sampel. Kemudian 0,02 ml sampel dipipet dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi sampel. Setelah

dicampur dan diinkubasi selama 10 menit pada suhu 20-25°C atau 5 menit dalam suhu 37°C, absorban sampel dibaca terhadap blanko reagen dalam waktu 1 jam. Pembacaan dilakukan dengan alat spektrofotometer (Clinicon 4010) dengan panjang gelombang 546 nm.

Lampiran 7. Metode Pemeriksaan Kadar Kolesterol-LDL Darah

Metode Polivinil Sulfat (PVS)

Prinsip tes:

LDL diendapkan dengan penambahan polivinil sulfat pada sampel. Konsentrasi LDL dikalkulasikan dari pengurangan antara kolesterol total dalam serum dengan kolesterol dalam supernatan setelah sentrifugasi.

Material Pemeriksaan:

Material pemeriksaan terdiri dari serum darah, presipitan dan reagen kolesterol metode CHOD-PAP. Presipitan terdiri dari polivinil sulfat (4 x 5,25 ml) dan aselator (1 x 4,9 ml).

Prosedur:

Larutan aselator sebanyak 1 ml dipipetkan ke dalam botol polivinil sulfat dan dicampur. Kemudian 200 μ l sampel dan 100 μ l presipitan dimasukkan ke dalam tabung sentrifus, dicampur dan dibiarkan selama 15 menit pada suhu kamar. Setelah disentrifus selama 2 menit pada 10000 g atau 15 menit pada 1500 g, supernatan dipisahkan dari sedimen dan ditentukan kadar kolesterol dengan metode CHOD-PAP. Kadar kolesterol-LDL adalah kadar kolesterol total dikurangi dengan kadar kolesterol dalam supernatan.

Lampiran 8. Kandungan Zat Gizi Pakan Ayam G-2 Pellet

ZAT GIZI	KADAR
Protein	min 21-22%
Lemak	min 5%
Serat Kasar	maks 5%
Abu	maks 7%
Kadar Air	maks 12%
Kalsium	maks 1%
Fosfor	maks 1%
Energi	2900-3100 kcal/kg

ber : Brosur Galina Animal Feedmill .