

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kolesterol Total

2.1.1 Definisi Kolesterol

Kolesterol adalah lipid amfipatik dan merupakan komponen struktural esensial pada membran dan lapisan luar lipoprotein plasma (Botham, 2006). Kolesterol juga merupakan bahan pembangun esensial bagi tubuh untuk sintesis zat-zat penting seperti membran sel dan bahan isolasi sekitar serat saraf, hormon kelamin, anak ginjal, vitamin D, serta asam empedu (Listiyana dkk, 2013). Namun, bila dikonsumsi berlebihan dapat menyebabkan peningkatan kolesterol dalam darah yang disebut hiperkolesterolemia. Bahkan dalam jangka waktu panjang bisa menyebabkan kematian. Kadar kolesterol darah cenderung meningkat pada orang-orang yang gemuk, perokok dan kurang berolahraga (Iman, 2004 ; Beydaun, 2008).

2.1.2 Sumber Kolesterol dan penyimpanan dalam Tubuh

Kolesterol secara normal di produksi sendiri oleh tubuh dalam jumlah yang tepat. Tetapi bisa meningkat jumlahnya karena asupan makanan yang berasal dari lemak hewani seperti daging sapi, daging kambing, daging bebek, daging ayam, burung dara, telur puyuh, usus ayam, telur bebek, sosis daging, ampela, babat, paru, hati, bakso sapi, gajih sapi, susu sapi, ikan air tawar, kepiting, udang, kerang, belut dan cumi-cumi (Wang, 2005 ; Welborn, 2007). Sedangkan makanan yang mengandung tinggi kolesterol adalah kuning telur, otak, daging merah dan hati. Kolesterol tidak disintesis oleh tumbuhan, sayuran dan buah-buahan (Manurung, 2004). Kolesterol terdapat di jaringan dan plasma sebagai kolesterol bebas atau dalam bentuk simpanan yang berkaitan dengan asam lemak rantai-panjang sebagai ester kolesteril. Lipoprotein berdensitas rendah (LDL) plasma adalah kendaraan pembawa kolesterol ester ke banyak jaringan, kolesterol bebas dikeluarkan dari jaringan oleh lipoprotein berdensitas tinggi (HDL)

plasma (Botham, 2006). Kolesterol total merupakan penjumlahan dari kadar kolesterol HDL, kolesterol LDL, dan kolesterol VLDL. Kadar VLDL merupakan 20% dari kadar trigiliserida sehingga kolesterol total dapat dihitung dengan menjumlahkan kadar kolesterol HDL, kolesterol LDL dan seperlima kadar trigiliserida (David, 2011 ; Melmed dkk, 2015). Kadar kolesterol total sebaiknya adalah <200 mg/dl dalam kisaran normal. Data Riskesdas 2013 melaporkan penduduk Indonesia usia ≥ 15 tahun sebanyak 35,9% memiliki kadar kolesterol total ≥ 200 mg/dl (Riskesdas, 2013).

Tabel 2. Kadar Kolesterol Total

No	Kadar Kolesterol Total	
1	Tinggi	>240 mg/dl
2	Sedang	200-239 mg/dl
3	Rendah	<200 mg/dl

Sumber : National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III,2002).

2.1.3 Metabolisme Kolesterol

Kolesterol yang mengalir dalam darah yaitu berupa lipoprotein. Kolesterol berfungsi sebagai komponen stabilisasi membran sel dan sebagai prekursor garam empedu serta hormon steroid (Collen, 2005). Prekursor untuk membentuk kolesterol adalah asetil-KoA, yang dapat dibentuk dari glukosa, asam lemak dan asam amino. Dua molekul asam amino asetil-KoA membentuk asetil-KoA yang bergabung dengan molekul asetil-KoA lainnya membentuk hidroksimetilglutaril-KoA (HMG-KoA). Reduksi HMG-KoA menghasilkan mevalonat. Mevalonat menghasilkan unit-unit isopren yang akhirnya saling bergabung membentuk skualen. Siklisasi skualen menghasilkan sistem cincin steroid dan reaksi selanjutnya menghasilkan kolesterol. (Collen, 2005).

Kolesterol terkemas dalam kilomokron di usus dan dalam VLDL di hati. Kolesterol akan dibawa melalui darah dalam partikel-partikel lipoprotein tersebut yang juga mengangkut triasilgliserol. Sewaktu triagliserol pada lipoprotein darah di cerna oleh LPL, kilomokron akan diubah menjadi sisa kilomokron dan VLDL akan diubah menjadi IDL, selanjutnya menjadi LDL. Setelah itu, produk ini kembali ke hati dan berkaitan dengan reseptor di

membran sel kemudian diserap melalui proses endositosis untuk dicerna oleh enzim lisosom. Kolesterol dan lisosom akan dilepaskan ke dalam depot seluler, kemudian hati akan menggunakan kolesterol daur ulang ini. Kolesterol yang disintesis dari Asetil-KoA untuk membentuk VLDL dan garam empedu (Olsson dkk, 2005).

Kolesterol intrasel yang berasal dari lipoprotein darah menurunkan pembentukan kolesterol dalam sel, merangsang penyimpanan kolesterol sebagai ester kolesterol dan menurunkan pembentukan reseptor LDL. Reseptor LDL ditemukan di permukaan sel dan saling berkaitan dengan berbagai kelas lipoprotein sebelum endositosis (Collen, 2005)

2.1.4 Ekskresi Kolesterol

Setiap hari kolesterol dikeluarkan dari tubuh sekitar 1 gram. Separuhnya diekskresikan di dalam feses setelah mengalami konversi menjadi asam empedu. Lalu sisanya diekskresikan sebagai kolesterol. Koprostanol adalah sterol utama dalam feses. Senyawa ini dibentuk dari kolesterol oleh bakteri usus di bagian bawah (Botham, 2006).

Asam empedu disintesis di hati dari kolesterol, yang terdiri dari asam kolat (Cholic acid yang ditemukan dalam jumlah besar) dan asam kenodeoksikolat (*chenodeoxycholic acid*). Tahap utama laju penentu dalam biosintesis asam empedu adalah di reaksi kolesterol 7 α -hidroksilase. Aktivitas enzim ini diatur secara umpan balik melalui reseptor pengikat asam empedu nucleus yaitu reseptor fenesoid X (FXR). Jika ukuran kompartemen asam empedu dalam sirkulasi meningkat, FXR diaktifkan dan transkripsi gen 7 α -hidroksilase juga ditingkatkan oleh kolesterol yang berasal dari makanan dan endogen serta diatur oleh hormon insulin, glukagon, glukokortikoid dan tiroid (Botham, 2006).

2.1.5 Mekanisme Kolesterol

Kolesterol adalah komponen penting dari membran sel. Kolesterol berkontribusi pada susunan struktural membran serta memodulasi fluiditasnya. Kolesterol berfungsi sebagai molekul prekursor dalam sintesis vitamin D, hormon steroid (misalnya, kortisol dan aldosteron dan androgen adrenal), dan hormon testosteron, estrogen, dan progesteron. Kolesterol juga

merupakan unsur garam empedu, yang digunakan dalam pencernaan untuk memfasilitasi penyerapan vitamin A, D, E, dan K yang larut dalam lemak. Karena kolesterol sebagian besar lipofilik, ia diangkut melalui darah, bersama dengan trigliserida, di dalam partikel lipoprotein (HDL, IDL, LDL, VLDL, dan kilomikron). Lipoprotein ini dapat dilihat dalam pengaturan klinis untuk memperkirakan jumlah kolesterol dalam darah. (Ibrahim dkk, 2019). Kolesterol masuk ke dalam darah lewat pencernaan lemak makanan melalui kilomikron. Namun, karena kolesterol memiliki peran penting dalam fungsi seluler, kolesterol juga dapat disintesis secara langsung oleh setiap sel dalam tubuh. Sintesis kolesterol dimulai dari Acetyl-CoA. Lokasi utama untuk proses ini adalah hati, yang menyumbang sebagian besar sintesis kolesterol de-novo. Karena sebagian besar kolesterol merupakan molekul lipofilik, kolesterol tidak larut dengan baik di dalam darah (Di dkk, 2017). Lipoprotein terdiri dari inti lipid (yang dapat mengandung ester kolesterol dan trigliserida) dan membran luar hidrofilik yang terdiri dari fosfolipid, apolipoprotein, dan kolesterol bebas. Ini memungkinkan molekul lipid untuk bergerak di sekitar tubuh melalui darah dan diangkut ke sel-sel yang membutuhkannya. Dalam sel, kolesterol memiliki beberapa fungsi vital. Beberapa kegunaan utama kolesterol terkait dengan membran sel. Diperlukan untuk struktur normal membran, berkontribusi terhadap fluiditasnya. Fluiditas ini dapat mempengaruhi kemampuan beberapa molekul kecil melalui membran yang pada akhirnya mengubah lingkungan internal sel, di dalam membran, kolesterol berperan dalam transportasi intraseluler. Di luar tempatnya dalam membran sel, kolesterol memiliki beberapa fungsi biologis lainnya. Kolesterol dikenal sebagai molekul prekursor penting untuk sintesis vitamin D, kortisol, aldosteron, progesteron, estrogen, testosteron, garam empedu. (Hendrani, 2016 ; Blum 2016 ; Lloyd, 2016).

2.1.6 Faktor yang berpengaruh dengan Kadar Kolesterol

Faktor yang berperan dalam peningkatan kadar kolesterol yaitu antara lain konsumsi makanan yang mengandung tinggi lemak, kebiasaan merokok, hipertensi, kelebihan berat badan, kurangnya aktivitas fisik peningkatan kadar kolesterol LDL (*Low Density Lipoprotein*) dan penurunan kadar kolesterol HDL

(*High Density Lipoprotein*) (Martiem, 2011 ; Margareth, 2004) Terdapat juga faktor resiko yang tidak dapat dikendalikan meliputi usia, jenis kelamin dan keturunan (Supriyono, 2008).

a. Merokok

Merokok akan menurunkan HDL dan meningkatkan LDL dalam darah sehingga dapat menyebabkan gangguan metabolisme lemak. Pada perokok ditemukan kadar HDL rendah, yang itu artinya pembentukan kolesterol baik yang bertugas membawa lemak dari jaringan ke hati terganggu. Sementara kadar LDL meningkat yang berarti lemak dari hati justru dibawa kembali menjadi terganggu. Rokok juga mengandung oksigen relatif yang merusak asam lemak tak jenuh yang menghasilkan lipid hidroperoksidase. Formasi ini dapat merusak asam amino transmembran protein yang dapat menyebabkan perubahan membran trombosit (platelet) sehingga mengganggu modulasi fosfolipid yang dapat meningkatkan kadar kolesterol total, LDL dan meningkatkan agregasi trombosit (Setiawati, 2007 ; Pannuru, 2010).

b. Diet tinggi lemak jenuh

Konsumsi tinggi lemak jenuh mengakibatkan hati memproduksi kolesterol LDL dalam jumlah besar yang berhubungan dengan kejadian penyakit jantung dan meningkatkan kadar kolesterol dalam darah sehingga dapat menyebabkan trombosis. Asupan asam lemak jenuh rantai panjang (LCFA) menyebabkan peningkatan kadar kolesterol darah yang berbeda daripada asam lemak jenuh rantai medium (MCFA). Perbedaan tersebut meliputi proses pencernaan dan metabolisme di dalam tubuh serta menghasilkan produk-produk komponen zat bioaktif yang berbeda pula. Dengan kata lain, setiap jenis golongan asam lemak mempunyai dampak fisiologis dan biologis yang berbeda terhadap kesehatan (Sartika, 2008)

c. Faktor genetik

Faktor genetik yaitu pada hiperkolesterolemia familial yang dimana pada penderita tidak memiliki gen untuk membentuk protein reseptor LDL, sehingga sel-sel tidak dapat menyerap LDL dari darah. Hal inilah yang menyebabkan konsentrasi LDL meningkat (Sherwood, 2003)

d. Penyakit hati

Penyakit hati juga dapat mengakibatkan kelainan pada kadar kolesterol darah, karena selain sebagai tempat degradasi insulin, hati juga merupakan tempat pembentukan kolesterol baru, mengekstraksi kolesterol lama dari darah dan mensekresikannya ke dalam empedu yang sehingga bila hati rusak, jumlah insulin meningkat sehingga akan menurunkan kadar kolesterol darah (Sherwood, 2003)

e. Hormon

Hormon tiroid menginduksi peningkatan jumlah reseptor LDL pada sel hati, yang akan meningkatkan kecepatan sekresi kolesterol yang sehingga konsentrasi kolesterol plasma akan menurun dan sedangkan hormon insulin menurunkan kadar kolesterol darah dikarenakan insulin akan meningkatkan pemakaian glukosa oleh sebagian besar jaringan tubuh, sehingga dapat mengurangi penggunaan lemak (Widyaningrum, 2015)

f. Stress

Stress akan mengaktifkan sistem saraf simpatis yang menyebabkan pelepasan epinefrin dan norepinefrin yang dapat meningkatkan konsentrasi asam lemak bebas di dalam darah (Widyaningrum, 2015)

g. Faktor herediter

Faktor herediter merupakan peranan paling besar dalam menentukan kadar kolesterol seseorang, namun faktor makanan dan lingkungan juga berperan. Faktor yang paling bermanfaat adalah menggunakan asam lemak tak jenuh ganda dan tak jenuh tunggal sebagai pengganti asam lemak jenuh dalam makanan. Minyak nabati seperti minyak biji bunga matahari dan minyak jagung mengandung asam lemak tak jenuh ganda, sedangkan minyak zaitun mengandung banyak asam lemak tak jenuh tunggal. Disisi lain, lemak sapi, mentega dan minyak palem merupakan banyak asam lemak jenuh. Karbohidrat jenis lain jika dibandingkan, sukrosa dan fruktosa menimbulkan efek yang lebih besar dalam meningkatkan kadar lipid darah, terutama triagliserol (Botham. 2006).

h. Faktor keturunan

Faktor keturunan dapat memegang peranan pada kolesterol darah tinggi. Ada orang yang sejak lahir sudah memiliki kadar kolesterol yang tinggi. Menurut penelitian, satu diantara 500 orang menderita kolesterol tinggi pada keluarganya. Pada penderita gangguan turun temurun, kadar LDL bisa 2-3 kali lebih tinggi dari normal. Seringkali diserang infark jantung pada usia muda antara 20-30 tahun (Widyaningrum, 2015).

2.2 Tempe

2.2.1 Definisi Tempe

Tempe merupakan salah satu makanan tradisional dari produk fermentasi kedelai yang dibuat dengan menumbuhkan kapang *Rhizopus sp* pada kedelai. Tempe di kenal sebagai makanan tradisional yang sangat populer di Indonesia, dikonsumsi lebih dari separuh penduduk di Indonesia dan menjadi makanan camilan hingga lauk yang sering dikonsumsi khususnya pada masyarakat kelas menengah ke bawah. Selain mudah didapatkan, tempe juga mudah diproduksi, harga relatif terjangkau serta mudah di olah. Sebagai pangan tradisional, tempe mempunyai komposisi gizi dan non gizi yang lebih baik dibandingkan dengan kedelai. (Rahadiyanti, 2011). Tempe tergolong sumber makanan dengan kandungan asam amino esensial dan non esensial yang lengkap, kadar lemak jenuh yang rendah, isoflavon tinggi, serat tinggi, indeks glikemik rendah dan juga mudah di cerna (Muchtadi, 2010) . Protein dari kedelai yang sebagai bahan dasar dari tempe ini memiliki peranan penting dalam memperbaiki profil lipid normal dan hiperkolesterolemia. Dengan demikian, mengganti makanan tinggi lemak jenuh, lemak trans dan kolesterol dengan protein kedelai berpengaruh menguntungkan pada faktor resiko penyakit jantung koroner. Telah diketahui bahwa selama 60 tahun terakhir, mengganti konsumsi hewani dengan protein kacang-kacangan dapat menurunkan hiperlipoproteinemia dan atherosklerosis. Penelitian dalam 10-12 tahun terakhir menunjukkan bahwa konsumsi protein nabati tidak saja memperbaiki beberapa aspek kesehatan pada wanita menopause tetapi juga memperbaiki kesehatan jantung (Clarkson dkk, 2002).

2.2.2 Komposisi Gizi Tempe

Tabel 3. Kandungan Zat Gizi Tempe

Zat Gizi	Satuan	Komposisi zat gizi/100 gr bdd
Energi	Kalori	201
Protein	Gram	20,8
Lemak	Gram	8,8
Hidrat arang	Gram	13,5
Serat	Gram	1,4
Abu	Gram	1,6
Kalsium	Mg	155
Fosfor	Mg	326
Zat besi	Mg	4
Karotin	Mkg	34
Vitamin A	SI	0
Vitamin B1	Mg	0,19
Vitamin C	Mg	0
Air	Gram	55,3

Sumber : Komposisi zat gizi pangan Indonesia (Widianarko,2000)

Umumnya protein nabati lebih banyak mengandung asam amino seperti arginin, glisin dan alanin. Sedangkan, protein hewani banyak mengandung lisin dan metionin. Asam amino lisin dan metionin cenderung meningkatkan kadar kolesterol, sedangkan arginin memperlihatkan efek yang berlawanan. Metionin merupakan prekursor homosistein yang merupakan faktor risiko Penyakit Jantung Koroner. Demikian, hal tersebut menjelaskan bahwa penyebab pangan hewani lebih beresiko hiperkolesterolemia daripada pangan nabati (Erdman,2004). Kandungan asam amino dan *tocopherol* pada tempe bekerja sebagai antioksidan dalam tubuh. Banyak penelitian menunjukkan bahwa kedelai mempunyai potensi sebagai penangkal radikal bebas yang lebih kuat dibandingkan sayuran lain seperti buncis, wortel, dan jus buah (Wu, 2004). Jika dilihat dari perubahan zat gizi khususnya asam amino pada tempe yang ternyata lebih baik dibandingkan kedelai, maka dapat di lihat bahwa manfaat antioksidan tempe lebih tinggi dibandingkan kedelai (Utari,2011) Senyawa isoflavon dalam tempe juga dapat menurunkan kolesterol karena terjadinya peningkatan katabolisme sel lemak untuk pembentukan energi sehingga dapat menurunkan kandungan kolesterol (Erdman,2004). Vitamin juga berperan sebagai antioksidan pada tempe. Setelah fermentasi, kandungan vitamin B pada

meningkat (kecuali thiamin). Vitamin A diproduksi oleh *R.oligosporus* dalam bentuk β -carotene, sedangkan vitamin D diproduksi dalam bentuk ergosterol, dan vitamin E dalam bentuk tocopherol (Utari, 2011).

Tabel 4. Syarat Mutu Tempe Kedelai berdasarkan SNI 3144:2015

Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
Keadaan	-	
Tekstur	-	Kompak, jika diiris tetap utuh (tidak mudah rontok)
Warna	-	Putih merata pada seluruh permukaan
Bau	-	Bau khas tempe tanpa adanya bau amoniak
Kadar Air	Fraksi massa,%	Maks.65
Kadar Lemak	Fraksi massa,%	Min.7
Kadar Protein	Fraksi massa,%	Min.15
Kadar Serat Kasar	Fraksi massa,%	Maks.2,5
Cemaran Logam		
Kadmium (Cd)	mg/kg	Maks.0,2
Timbal (Pb)	mg/kg	Maks.0,25
Timah (Sn)	mg/kg	Maks.40
Merkuri (Hg)	mg/kg	Maks.0,03
Cemaran Arsen (As)	mg/kg	Maks.0,25
Cemaran Mikroba		
<i>Coliform</i>	APM/g	Maks.10
<i>Salmonella sp.</i>		Negatif/25g

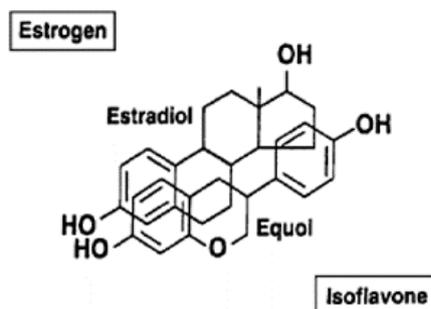
Sumber : Badan Standar Nasional, 2015

2.2.3 Kandungan Tempe

a. Isoflavon

Isoflavon merupakan komponen non-gizi pada tanaman pada struktur kimia yang mirip estrogen, di dalam tanaman isoflavon terdiri dari empat bentuk isomer yaitu : *aglycone (unconjugates)* dan glukosida (*conjugates*) yang terdiri atas β -glukosida (*genistein, daidzin, glycitein*), *aceetyl- β -glucoside* dan *malonyl- β -glucosida*. Kedelai adalah sumber terbesar dari isoflavon dan sedangkan tempe merupakan produk olahan kedelai yang melalui proses fermentasi dengan penambahan *Rhizopus oligosprus*. Selama proses pembuatan tempe, fermentasi akan mengubah sebagian besar glukosida dalam kedelai menjadi (*aglicone*) yang lebih mudah diserap oleh tubuh. Faktor yang berpengaruh terhadap tinggi rendahnya hasil isoflavon disebabkan karena varietas kedelai, tahap kematangan kedelai, iklim dan suhu tempat tumbuh kedelai, kondisi tanah, cara pengolahan

tempe, cara bertanam dan prosedur pemeriksaan isoflavon. (Utari.*et al* ,2010 ; Rimbach. *et al*, 2008). Proses fermentasi pada tempe menyebabkan peningkatan isoflavon total sehingga kadar isoflavon tempe jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kedelai. Pemanasan kedelai sebelum diolah menjadi tempe memberi efek penetrasi ke daging biji kedelai sehingga menyebabkan terjadinya enzim α -glukosidase tumbuh subur dan membantu perubahan isoflavon terikat (glukosida) menjadi isoflavon tidak terikat (aglikon). Oleh sebab itu isoflavon yang disimpan pada tempe ialah aglikon, sedangkan produk kedelai tidak difermentasi lebih dominan glukosida. Absorpsi isoflavon adalah dalam bentuk aglikon dengan tingkat absorpsi sebesar 20 hingga 55 persen. Bentuk isoflavon aglikon mempunyai manfaat kesehatan jauh lebih besar dibandingkan dengan bentuk isoflavon glukosida (Utari dkk, 2010)Aktivitas antioksidan pada tempe ada dalam bentuk tidak terikat yaitu aglikon seperti genistein, daidzein, glycitein dan faktor yang lebih kuat dibandingkan bentuk glukosida seperti genistin dan daidzin. Genistein dan daidzein mampu mengikat reseptor β -estrogen yang ditemukan di tulang, sistem saraf pusat, dinding vaskular dan saluran urogenital (Nahas dkk, 2006). Gestein merupakan inhibitor sangat kuat terhadap produksi hidrogen peroksida dan menghambat pembentukan anion superoksida. Gestein juga dapat menunjukkan kemampuan meningkatkan aktivitas enzim yang berperan dalam antioksidan seperti katalase, glutathione peroksidase, glutathione reductase dan SOD, serta memakan radikal, menghambat tirosin kinase dan mengikat logam (Kiriakidis dkk, 2005). Adanya aktivitas antioksidan tersebut bermanfaat dalam menunda dan mencegah terjadinya oksidasi oleh radikal bebas (Ariani dkk, 2009). Isoflavon lebih rentan terhadap panas tinggi. Kandungan dalam isoflavin yang semakin turun dengan peningkatan peningkatan proses pemasakan karena terjadi kerusakan atau pemindahan isoflavon dari bahan dasar. Oleh karena itu dibutuhkan pemasakan tempe yang tepat agar meminimalkan kehilangan isoflavon sehingga diperoleh manfaat yang optimal (Utari, 2010).



Gambar 1. Perbandingan Struktur Kimia Estrogen dan Isoflavon

Isoflavon kedelai pada tempe yang mempunyai struktur mirip estrogen. Mekanisme kerja isoflavon (genestein, daidzein) mampu meningkatkan metabolisme lipoprotein, sehingga dapat menurunkan kadar kolesterol total. (Nirmagustina, 2007). Sebagai antioksidan pada tempe, isoflavon juga memiliki efek antiinflamasi, antialergi, antikardiovaskular, antikanker (Villares dkk, 2009). Isoflavon juga mampu menekan gejala menopause dengan cara memodulasi aktivitas estrogen dan endogen ketika senyawa tersebut berikatan dengan reseptor estrogen (Widoyo, 2010).

Tabel 5. Kandungan Isoflavon pada produk Kedelai (Mikrogram per gram)

Produk	Glukosida				Aglikon			
	Daidzin	Genistin	Glicitin	Total	Daidzein	Genistein	Glicitein	Total
Kedelai bakar	460	551	68	1079	39	69	52	160
Minuman kedelai	444	775	76	1295	18	44	20	82
Tofu	25	84	8	117	46	52	12	110
Tempe	2	65	14	148	137	193	24	354

Sumber : Utari 2011

Pada penelitian Utari (2010) Perebusan pada kedelai yang akan dijadikan tempe mempengaruhi kandungan isoflavon. Produksi tempe dalam satu kali perebusan kedelai menghasilkan isoflavon sebesar 19,4 mg sedangkan produksi tempe dalam dua kali perebusan kedelai menghasilkan isoflavon sebesar 28,6 mg. Dengan demikian, proses pembuatan tempe dengan dua kali perebusan menghasilkan peningkatan isoflavon sebesar 9,2 mg atau 47,4 persen lebih besar dibandingkan dengan sekali perebusan (Utari dkk, 2010). Sedangkan penelitian

yang lain menunjukkan bahwa suhu dan lama perendaman mempengaruhi penambahan kadar isoflavon dalam kedelai yang terendam. Kadar tertinggi isoflavon aglikon diperoleh dari tempe hasil perendaman kedelai pada suhu 50°C selama 9 jam yaitu menghasilkan 864,38 µg/g (Purwoko, 2004).

Beberapa penelitian juga merekomendasikan untuk mengkonsumsi isoflavon sebesar 30-199 mg per hari dan dari hasil meta-analisis menyatakan bahwa isoflavon akan berperan dalam menurunkan kadar lipid darah jika diberikan minimal 35mg/hari atau kira-kira untuk 3 potong tempe ukuran sedang (Messina.*et al*, 2003 ; Utari dkk, 2010).

b. Serat

Serat adalah bagian dari tumbuhan yang dapat dikonsumsi dan tersusun dari karbohidrat yang memiliki sifat resistan terhadap proses pencernaan dan penyerapan di usus halus manusia serta mengalami fermentasi sebagian atau keseluruhan di usus besar (Santoso, 2011). Efek fisiologis dan manfaat klinis serat pada kedelai di tempe yang berpengaruh pada manusia diantaranya adalah menurunkan kolesterol pada penderita hipokolesterolemia, memperbaiki toleransi terhadap glukosa, meningkatkan volume tinja sehingga mempercepat waktu transit makan dan tidak berakibat negatif terhadap penyerapan mineral. Serat pada tempe dapat menurunkan kadar kolesterol total serum melalui mekanisme pengikat asam empedu. Asam empedu dibentuk dari kolesterol di hati, diperkatkan dan disimpan di kantong empedu, serat yang dikonsumsi dapat mengikat asam empedu dan kemudian dikeluarkan melalui feses. Jika asam empedu berkurang, maka akan dibentuk lagi dari kolesterol karena asam empedu berfungsi dapat membantu penyerapan lemak (Widoyo, 2010 ; Nirmagustina, 2007).

2.2.4 Tepung Tempe

Tepung tempe adalah salah satu olahan dari tempe untuk meningkatkan daya simpan tempe. Karena tempe tidak tahan lama untuk disimpan, hanya dapat disimpan selama satu sampai dua hari pada suhu ruang tanpa banyak mengalami pengurangan sifat mutunya (Afrisanti, 2010). Tempe dapat digunakan sebagai bahan penyusun makanan dalam bentuk tepung tempe untuk memperkaya nilai

gizi makanan seperti protein dan serat. Tepung tempe jika dilihat dari segi pemasaran, lebih mudah diolah menjadi produk lain misalnya dengan cara menambahkan pada makanan lain tanpa tanpa dapat mengurangi cita rasa.

Tepung tempe mempunyai kadar protein yang tinggi dan hampir setara dengan tempe mentah. Nilai cerna tepung tempe juga tidak mengalami perubahan walaupun sudah mengalami pengeringan. Tepung tempe juga mempunyai kandungan serat dengan kadar 1,4% per gramnya walaupun lebih sedikit dibandingkan kandungan pada tempe (Afrisanti, 2010).

Tabel 6. Komposisi Kimia dan nilai Gizi Tepung Tempe

Komponen	Jumlah
Komposisi (%BK)	
Protein	46
Lemak	24,7
Karbohidrat	19,3
Serat	2,5
Kadar Air	7,7
Kadar Abu	2,3
Mutu Gizi	
Nilai Cerna	87
NPU	74

Sumber : Bastian dkk, 2013

2.3 Minyak

2.3.1 Definisi Minyak

Minyak merupakan campuran yang berasal dari ester asam lemak dengan gliserol (Sartika, 2009). Minyak digolongkan dalam beberapa kelompok lipida. Salah satu sifat yang mencirikan golongan lipida adalah daya larutnya dalam pelarut organik (ether, benzene, khloroform) atau sebaliknya ketidak-larutan dalam pelarut air.

2.3.2 Karakteristik Minyak

Minyak mengandung sekitar 80% asam lemak tak jenuh yaitu jenis asam oleat dan linoleat, kecuali minyak kelapa. Proses penyaringan minyak kelapa sebanyak 2 kali (pengambilan lapisan lemak jenuh) dapat menyebabkan kandungan asam lemak tak jenuh menjadi lebih tinggi (Khomsan, 2003).

2.3.3 Minyak Goreng

Minyak goreng adalah minyak yang berasal dari lemak tumbuhan atau hewan yang di murnikan dan berbentuk cair dalam suhu kamar dan biasanya digunakan untuk bahan menggoreng makanan. Minyak goreng dari tumbuhan biasanya di hasilkan dari tanaman seperti kelapa, biji-bijian, kacang-kacangan, jagung, kedelai dan kanola (Santoso, 2008)

Minyak goreng biasanya digunakan untuk menggoreng makanan karena memiliki titik didih yang tinggi sekitar 200°C sehingga bahan yang digoreng akan menjadi kering akibat kehilangan sebagian besar air yang dikandung (Ramdja dkk, 2010). Jenis minyak yang umumnya dipakai untuk menggoreng adalah minyak nabati seperti minyak sawit, minyak kacang tanah, minyak wijen dan sebagainya. Pada dasarnya semua minyak yang berasal dari tumbuhan tidak mengandung kolesterol. Hanya minyak saja yang berasal dari hewan yang mengandung kolesterol seperti mentega, minyak ikan, lemak hewan dan sejenisnya (Santoso, 2008).

Berikut ini adalah standar mutu minyak goreng menurut SNI 3741-2013 :

Tabel 7. Standar mutu Minyak Goreng

Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
Keadaan		
-Bau	-	Normal
-Warna	-	Normal
Kadar air dan bahan menguap	% (b/b)	Maksimal 0,15
Bilangan asam	Mg KOH/g	Maksimal 0,15
Bilangan peroksida	Mek O ₂ /kg	Maksimal 10
Minyak pelican	-	Negatif
Asam linoleat (C18:3) dalam komposisi asam lemak minyak		
Cemaran logam		
- Kadnium (Cd)	Mg/kg	Maksimal 0,2
- Timbal (Pb)	Mg/kg	Maksimal 0,1
- Timah (Sn)	Mg/kg	Maksimal 40,0/250,0*
- Merkuri (Hg)	Mg/kg	Maksimal 0,05
Cemara Arsen (As)	Mg/kg	Maksimal 0,1

Sumber : Muslimah, 2014

2.3.4 Jenis-Jenis Minyak Goreng

Beberapa jenis minyak goreng yang bersumber dari lemak tumbuhan dan hewan adalah sebagai berikut :

1. Minyak ikan

Minyak ikan sebagian besar adalah trigliserida yang merupakan ester dari gliserol dan berbagai asam lemak. Asam lemak ikan terdiri dari tiga tipe yaitu asam lemak jenuh, asam lemak tidak jenuh tunggal dan asam lemak tidak jenuh ganda (O'Brien, 2009). Minyak ikan terutama berasal dari ikan air tawar mempunyai kandungan asam linoleat relatif tinggi dibanding dengan kadar asam linoleat (Ketaren, 2008)

2. Minyak jagung

Minyak jagung mengandung banyak asam lemak yang diperlukan pada pertumbuhan badan dan mempunyai nilai gizi yang sangat tinggi sekitar 250 kkal/ons. Minyak jagung juga mengandung sitosterol sehingga dapat jika dikonsumsi dapat terhindar dari penyakit aterosklerosis (O'Brien, 2009).

3. Minyak Kedelai

Minyak kedelai digunakan sebagai bahan industri makanan yang berbentuk gliserida sebagai bahan untuk pembuatan minyak goreng, margarin dan bahan lemak lainnya. Minyak kedelai mempunyai kadar asam lemak jenuh sekitar 15% sehingga sangat baik sebagai pengganti lemak dan minyak yang memiliki kadar asam lemak jenuh yang tinggi seperti mentega dan lemak babi. Minyak kedelai sama saja seperti minyak nabati yang lainnya bebas dari kolesterol (Firmanjaya, 2008)

4. Minyak wijen

Minyak wijen banyak juga mengandung asam lemak tak jenuh terutama asam oleat dan asam linoleat. Minyak wijen juga mengandung banyak vitamin E dan komponen fungsional lainnya yang berguna bagi kesehatan. Perlakuan panas selama proses pengolahan minyak wijen akan mempengaruhi komposisi asam lemak dan juga senyawa fungsional dalam minyak wijen (Handajani, 2006).

5. Minyak kelapa

Minyak kelapa termasuk dalam kategori asam lemak jenuh, sangat stabil dan tahan dari oksidasi, sehingga sulit menjadi tengik jika pembuatannya memenuhi persyaratan. Minyak kelapa di produksi secara modern tanpa di panaskan, minyak kelapa juga dikenal sebagai *Virgin Coconut Oil* (Wibowo, 2008).

Minyak kelapa mempunyai komposisi yang didominasi oleh asam lemak jenuh (90-92%) sedangkan minyak kelapa sawit mempunyai komposisi yang berimbang. Namun, minyak kedelai sebaliknya. Kandungan asam lemak tak jenuh mendominasi sampai 80%. Minyak kelapa mempunyai keunggulan tersendiri yaitu lebih stabil dan tidak mudah teroksidasi pada suhu yang tinggi (Sutanto, 2008).

6. Minyak kelapa sawit

Kelapa sawit adalah salah satu palma penghasil minyak nabati yang lebih dikenal dengan *palm oil*. Minyak kelapa sawit dapat dipergunakan untuk bahan makanan dan industri melalui proses penyulingan, penjernihan dan penghilang bau atau RBDPO (*Refined, Bleached and Deodorized Palm Oil*). Disamping itu CPO dapat diuraikan untuk produksi minyak kelapa sawit padat (RBD Stearin) dan untuk produksi minyak kelapa sawit cair (RBD Olein). RBD Olein terutama dipergunakan untuk pembuatan minyak goreng. Minyak kelapa sawit mengandung beberapa jenis senyawa karoten yaitu β -karoten, tokoferol, dan α -tokoferol. β -karoten adalah provitamin A yang larut dalam lemak. Karena terdapat dalam bentuk transisomer, karoten lebih mudah jika dikonversikan menjadi bentuk vitamin A. Namun proses penggorengan pada suhu tinggi akan bisa menyebabkan degradasi β -karoten dan provitamin A yang terkandung di dalam minyak kelapa sawit akan hilang. Pada dasarnya kualitas minyak goreng akan menurun akibat proses penggorengan berulang dan suhu yang tinggi (Budiyanto dkk, 2010).

2.3.5 Kerusakan Minyak

Kerusakan pada minyak dapat mempengaruhi mutu dan nilai gizi dari bahan pangan yang digoreng. Minyak yang rusak akibat adanya oksidasi dan polimerisasi akan menghasilkan bahan pangan yang bercita rasa tidak enak dan kurang menarik, serta kerusakan sebagai vitamin dan asam lemak esensial yang terdapat di dalam minyak. Kerusakan minyak atau lemak dengan pemanasan suhu tinggi yaitu 200-250⁰C dapat mengakibatkan keracunan dalam tubuh dan berbagai macam penyakit seperti diare, pengendapan lemak dan pembuluh darah, menurunkan nilai cerna lemak serta kanker. Rusaknya minyak bisa juga terjadi karena lama penyimpanan (Ketaren, 2005).

2.3.6 Minyak Jelantah

Minyak jelantah merupakan minyak yang telah rusak dengan frekuensi penggorengan 8 (delapan) sampai 12 (duabelas). Proses penggorengan digolongkan menjadi 2 (dua) cara, yaitu *pan frying* dan *deep frying*. *Pan frying* merupakan proses menggoreng namun dengan minyak yang minimal, sedangkan *deep frying* membutuhkan minyak dalam jumlah banyak saat menggoreng, sehingga bahan makanan dapat terendam seluruhnya ke dalam minyak (Noventi, 2017)

Tingginya kandungan asam lemak tak jenuh menyebabkan minyak mudah dirusak oleh proses penggorengan (*deep frying*), karena selama proses penggorengan, minyak akan dipanaskan secara terus menerus pada suhu yang tinggi, serta terjadinya kontak dengan oksigen dari udara diluar yang memudahkan terjadinya reaksi oksidasi pada minyak (Ayu, 2009). Indikator yang paling mudah untuk mengetahui minyak jelantah yaitu warnanya coklat tua sampai hitam.

Minyak jelantah juga memiliki nilai peroksida yang tinggi. Selama proses penggorengan minyak juga dapat mengalami reaksi oksidasi, polimerisasi dan hidrolisis (Haryani, 2008). Reaksi oksidasi terjadi selama penggorengan, oksidasi minyak terjadi dikarenakan beberapa faktor yaitu paparan oksigen, cahaya dan suhu tinggi. Terjadinya oksidasi juga dimulai dengan terbentuknya peroksida dan hiperoksida (Aminah, 2010). Jika dalam reaksi hidrolisis minyak

atau lemak akan diubah menjadi asam lemak dan gliserol. Reaksi hidrolisa dapat mengakibatkan kerusakan minyak sehingga menghasilkan flavour dan bau tengik (Budiyanto dkk, 2010). Kerusakan juga bisa terjadi selama penyimpanan. Kesalahan dalam penyimpanan dapat berakibat pecahnya ikatan trigliserida pada minyak dan selanjutnya membentuk gliserol dan asam lemak bebas (Fauziah, 2013). Sedangkan reaksi polimerisasi terjadi karena terbentuknya bahan yang menyerupai gum yang mengendap di dasar tempat penggorengan (Haryani, 2008).

Jika dilihat secara kimiawi, minyak jelantah mengandung senyawa karsinogenik yaitu asam lemak bebas. Bilangan peroksida, bilangan iod, bilangan penyabunan dan kadar air yang nilainya bahkan melebihi SNI. Kadar asam lemak bebas di dalam minyak jelantah akan semakin tinggi seiring dengan lamanya waktu penggorengan, dan begitu juga pada bilangan peroksida atau radikal bebas (Mochtadi, 2009).

2.4 Hubungan kolesterol dengan tepung tempe

Isoflavon dapat menurunkan kolesterol yaitu melalui pengaruh terhadap peningkatan katabolisme sel lemak untuk pembentukan energi, yang berakibat pada penurunan kandungan dari kolesterol. Kandungan isoflavon yang paling berpengaruh adalah gestein, gestein merupakan inhibitor sangat kuat terhadap produksi hidrogen peroksida dan menghambat pembentukan anion superoksida. Gestein juga dapat menunjukkan kemampuan meningkatkan aktivitas enzim yang berperan dalam antioksidan seperti katalase, glutathione peroksidase, glutathione reductase dan SOD, serta memakan radikal, menghambat tirosin kinase dan mengikat logam (Kiriakidis dkk, 2005). Selain isoflavon, serat juga merupakan salah satu zat gizi yang mampu menurunkan kadar kolesterol. Serat yang terdapat pada tempe dapat menurunkan kolesterol, serat didalam tempe juga dapat menurunkan kolesterol plasma karena terjadinya ikatan intraluminal dalam usus diantara serat dengan kolesterol dan asam empedu yang akhirnya dikeluarkan melalui feses sehingga menurunnya kolesterol plasma (Pawiroharsono, 2007 ; Bintanah dkk, 2014).

2.5 Hubungan Kolesterol Dengan Minyak Jelantah

Pada dasarnya semua minyak yang berasal dari tumbuhan tidak mengandung kolesterol. Hanya minyak yang berasal dari hewan yang mengandung kolesterol seperti mentega, minyak ikan, lemak hewan dan sejenisnya. Beberapa minyak dari tumbuhan pun ada yang banyak mengandung asam lemak jenuh. Asam lemak jenuh jika dikonsumsi manusia dan hewan akan merangsang sintesis kolesterol tubuh, sementara asam lemak tak jenuh jika dikonsumsi akan menurunkan kolesterol tubuh (Santoso, 2008). Namun, asam lemak tak jenuh lebih mudah teroksidasi jika dibandingkan dengan asam lemak jenuh.

Asam lemak tak jenuh jika digunakan untuk menggoreng secara berulang-ulang (minyak jelantah) akan berubah menjadi lemak “Trans”, gugus peroksida serta senyawa radikal bebas lainnya dapat merangsang terjadinya peningkatan lemak trans. Derajat ketidakjenuhan minyak akan menyusut bersamaan pertambahan suhu sehingga rantai asam lemak putus menjadi radikal-radikal bebas yang meningkatkan kolesterol darah sehingga beresiko untuk kesehatan (Tuminah, 2009). Sedangkan minyak yang mengandung asam lemak jenuh lebih mampu bertahan terhadap panas dan tidak akan berubah menjadi asam lemak trans maupun senyawa berbahaya lainnya (Silalahi, 2000).

2.6 Tikus Putih (*Rattus Norvegicus*)

2.6.1 Definisi Tikus Putih (*Rattus Norvegicus*)

Tikus adalah hewan menyusui (mamalia) yang mempunyai peran penting dalam kehidupan manusia. Sifat menguntungkan tikus adalah penggunaannya sebagai hewan percobaan di laboratorium, sedangkan sifat merugikannya yaitu sebagai hama dalam komoditas pertanian, hewan yang pengganggu serta hewan penyebar dan penular dari beberapa penyakit manusia (Priyambodo, 2007)

Tikus putih (*Rattus norvegicus*) atau yang sering disebut juga sebagai tikus norwegia adalah hewan yang umum digunakan dalam eksperimen laboratorium. Tikus mempunyai sifat yang membedakan dari hewan percobaan lain yaitu tikus tidak dapat muntah. Hal tersebut karena struktur anatomi yang tidak lazim di tempat esofagus ke dalam lambung dan tidak mempunyai

kantung empedu (Smith dkk, 1998). Selain tikus putih memiliki keuntungan sebagai model yang mencerminkan karakter fungsional dari sistem tubuh mamalia.

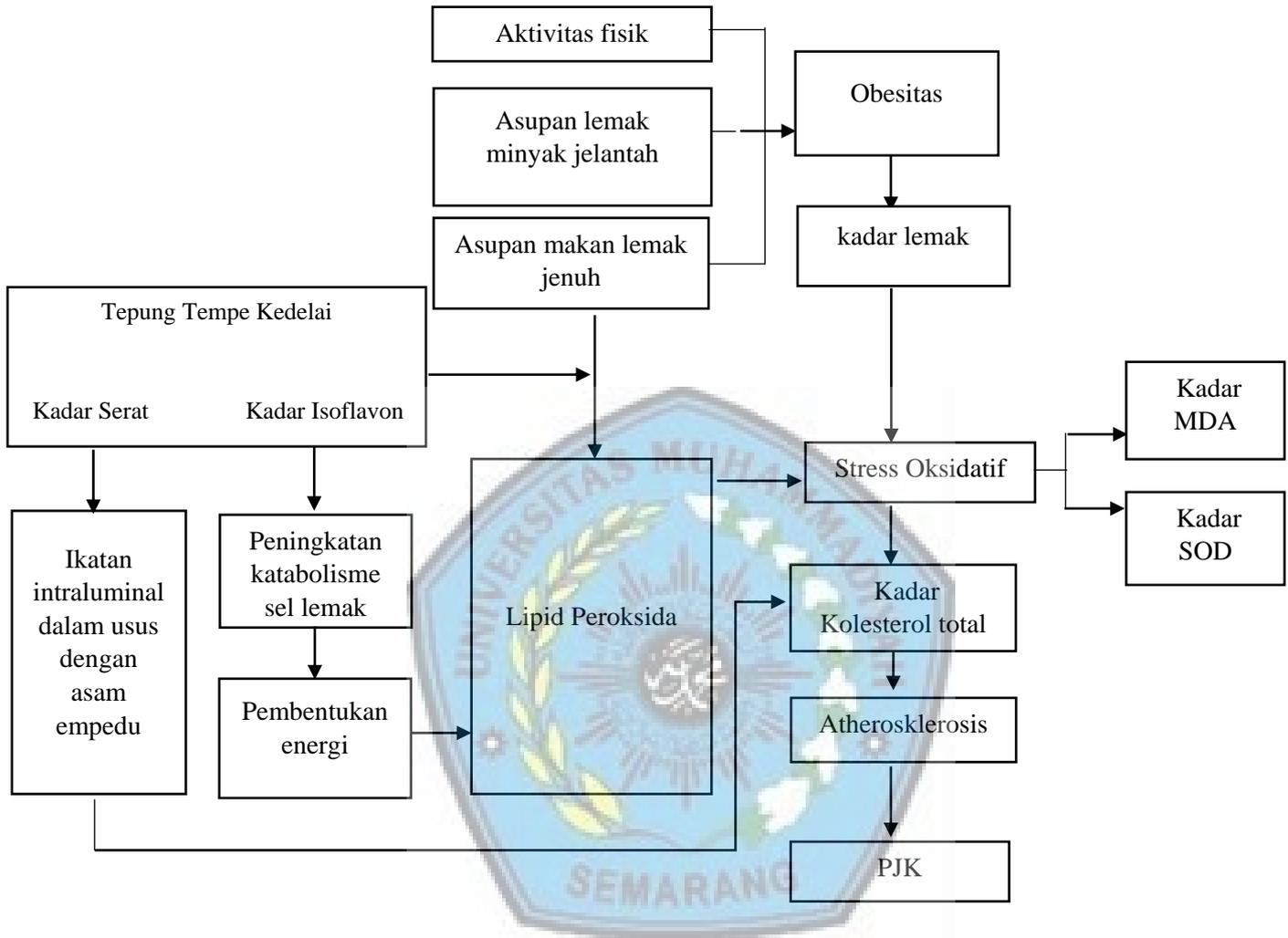
2.6.2 Klasifikasi Tikus putih (*Rattus norvegicus*) Galur Wistar

Pengelompokan tikus putih (*Rattus norvegicus*) adalah sebagai berikut (Sharp *et.al* 2013) :

Kingdom	: Animalia
Filum	: Chordata
Kelas	: Mamalia
Ordo	: Rodentia
Subordo	: Mymorpha
Famili	: Muridae
Genus	: Rattus
Spesies	: <i>Rattus norvegicus</i>

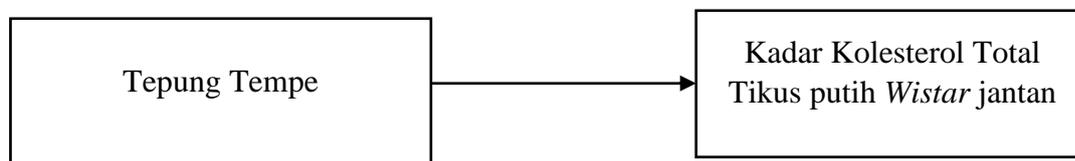
Tikus galur yang sering digunakan antara lain Wistar, Sprague-Dawley, Osborne-Mendel, Long-Evans, Holtzman, Slonaker, Albani. Namun, diantara galur tersebut Wistar dan Sprague Dawley merupakan tikus yang paling populer untuk digunakan saat eksperimen. Tikus *Wistar* memiliki ciri berwarna albino putih, berkepala besar dan memiliki ekor yang lebih pendek (Pramono,2005). Tikus putih memiliki beberapa sifat yang menguntungkan sebagai hewan uji penelitian diantaranya adalah perkembangbiakan cepat, mempunyai ukuran yang lebih besar daripada mencit, dan mudah dipelihara dalam jumlah yang banyak.

2.7 Kerangka Teori



Gambar 2. Kerangka Teori

2.8 Kerangka Konsep



Gambar 3. Kerangka Konsep

2.9 Hipotesis

- Ada pengaruh kadar kolesterol total sesudah pemberian tepung tempe pada tikus putih Wistar jantan *Rattus Norvegicus* yang diinduksi minyak jelantah

