

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Minyak Goreng

Minyak goreng merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat Indonesia dari sembilan pokok. Penggunaan minyak goreng berfungsi sebagai medium penghantar panas, menambah rasa gurih, menambah nilai gizi dan kalori dalam makanan. Minyak goreng terdiri dari komponen utama dan tambahan, komposisi utama yaitu trigliserida dan komposisi tambahan yaitu mono- dan digliserida, asam lemak bebas, fosfat, vitamin larut lemak, tokoferol, sterol, pigmen, sisa, dan lemak alkohol<sup>13</sup>. Minyak goreng tersusun atas asam lemak berbeda yaitu sekitar dua puluh jenis asam lemak. Berdasarkan ada tidaknya ikatan ganda dalam struktur molekulnya terbagi menjadi asam lemak jenuh (*saturated fatty acids*) dan asam lemak tak jenuh tunggal (*mono-unsaturated fatty acids/MUFA*) maupun majemuk (*poly-unsaturated fatty acid/PUFA*).<sup>14</sup>

Minyak yang terdapat ikatan tunggal pada rantai hidrokarbonnya disebut minyak dengan asam lemak jenuh (*saturated fatty acids*). Asam lemak jenuh yang terkandung dalam minyak goreng pada umumnya terdiri dari asam oktanoat, asam ekanoat, asam laurat, asam miristat, asam palmitat dan asam stearate.<sup>14</sup> Sedangkan minyak yang terdapat ikatan rangkap pada rantai hidrokarbonnya disebut asam lemak tak jenuh tunggal (*monounsaturated fatty acids/MUFA*) maupun majemuk (*polyunsaturated fatty acids/PUFA*). Asam lemak jenuh terdiri dari asam oleat, asam linoleat, dan asam linolenat. Berdasarkan pembagian struktur molekul

terhadap ada tidaknya rangkap, minyak goreng mengandung PUFA (*oily-unsaturated fatty acid*) yang sangat mudah mengalami proses oksidasi, oleh karena itu pemanasan berulang dapat meningkatkan proses oksidasi dan mengubah lemak tidak jenuh menjadi lemak trans, peroksida lipid, dan radikal-radikal bebas yang dapat membahayakan tubuh.<sup>14</sup> Asam lemak yang dikandung oleh minyak sangat menentukan mutu dari minyak, karena asam lemak tersebut menentukan sifat kimia dan stabilitas minyak.<sup>15</sup> Pemanasan minyak secara berulang-ulang pada suhu tinggi dan waktu yang cukup lama, akan menghasilkan senyawa polimer yang berbentuk padat dalam minyak (*akrolein*).<sup>14</sup>

## 2.2 Minyak Jelantah

Minyak jelantah (*reused cooking oil*) adalah minyak yang berasal dari tumbuhan-tumbuhan seperti minyak jagung, minyak sayur dan minyak samin yang telah digunakan sebagai minyak goreng. Minyak jelantah atau yang disebut juga dengan minyak goreng bekas merupakan minyak limbah yang bisa berasal dari berbagai jenis minyak goreng.<sup>15</sup> Jika minyak goreng sering dipanaskan, maka asam lemak tak jenuh yang berubah menjadi asam lemak jenuh semakin banyak menyerupai bentuk isomer trans dan menghasilkan peroksida. Jika ikatan rangkap cis (struktur bengkok) terisomerisasi menjadi konfigurasi stabil daripada cis maka akan terbentuk isomer geometris. Secara kimiawi, konfigurasi asam lemak trans akan mengikat atom hydrogen bersamaan, sedangkan bentuk cis sebaliknya.

### 2.2.1 Komposisi Minyak Jelantah

Penggorengan dengan suhu diatas 150° C dengan jangka waktu yang lama disebut juga dengan *deep frying*.<sup>19</sup> Beberapa studi dalam literatur telah melaporkan bahwa suhu menyebabkan perubahan signifikan dalam komposisi asam lemak di minyak goreng. Selain itu, suhu tinggi dapat mengubah geometri dan posisi ikatan ganda asam lemak.<sup>20</sup> Minyak yang digunakan kembali pada pemanasan suhu tinggi sekitar 170-200 ° C akan mengalami perubahan komposisi kimia<sup>21</sup>. Minyak goreng bekas yang dibiarkan terpapar udara dalam keadaan lembab disaat bersamaan menyebabkan minyak mengalami rangkaian proses fisika dan kimia yang disebut thermal oksidasi akan menghasilkan asam lemak jenuh dan senyawa radikal dalam minyak goreng.

Pemanasan minyak goreng berulang kali pada suhu tinggi membentuk serangkaian reaksi kimia, memodifikasi bagian konstituen dari lemak minyak goreng dengan oksidasi, hidrolisis, polimerisasi, dan isomerisasi, pada akhirnya mengakibatkan peroksidasi lipid.<sup>22</sup>

### 2.2.2 Mekanisme Kerusakan Minyak

Menurut Choe dan Min (2007), minyak yang dipakai berulang kali disebut juga minyak jelantah. Pemanasan minyak goreng mengalami degenerasi selama proses *deep frying* yang mengakibatkan terjadinya hidrolisis, oksidasi, dan polimerisasi.<sup>23</sup>

a. Hidrolisis

Reaksi hidrolisis, air yang berasal dari penggorengan makanan akan menyerang ikatan ester dari triasilgliserol dan menghasilkan diasigliserol, monogliserol dan asam lemak bebas. Semakin meningkatnya jumlah penggorengan berulang menyebabkan semakin tinggi kandungan asam lemak bebas dalam minyak goreng. Asam lemak rantai pendek dan asam lemak tak jenuh lebih mudah mengalami hidrolisis karena bersifat mudah larut dalam air.

b. Oksidasi

Reaksi oksidasi dapat terjadi selama masa penyimpanan yang terpapar udara. Reaksi ini disebabkan dalam minyak kelapa sawit terkandung asam lemak jenuh yang diserang oleh oksigen. Reaksi yang terjadi antara oksigen dengan lemak membentuk senyawa peroksida yang selanjutnya membentuk aldehid, keton dan asam lemak bebas sehingga menimbulkan bau tengik.<sup>24</sup>

c. Polimerisasi

Proses oksidasi yang berlanjut selama proses penggorengan akan menyebabkan terbentuknya reaksi polimerisasi adisi dari asam lemak tidak jenuh yang menyebabkan terbentuknya senyawa polimer. Hal ini terbukti dengan terbentuknya bahan menyerupai gum yang mengendap pada dasar wadah.<sup>2</sup> Pemanasan tinggi mengubah asam lemak tak jenuh menjadi asam lemak jenuh. Asam lemak tak jenuh lebih mudah diabsorpsi oleh usus dari pada minyak mengandung asam lemak jenuh.<sup>23</sup>

### 2.2.3 Dampak Minyak Jelantah terhadap Kesehatan

Selama penggorengan berulang kali minyak jelantah mengandung senyawa bersifat karsinogenik seperti peroksida. Penggunaan minyak jelantah akan meningkatkan polaritas minyak dan menurunkan tegangan permukaan antara bahan pangan dan minyak sehingga penyerapan lemak akan meningkat.<sup>25</sup> Pemanasan berulang pada minyak dapat menimbulkan kerusakan oksidatif otot dinding pembuluh darah.<sup>10</sup> Minyak yang didinginkan mudah mengalami oksidasi, oksidasi yang tak terkontrol akan menghasilkan peroksidasi yang sitotoksik yang mengakibatkan hipertensi, peningkatan metabolisme basal dan kerusakan jaringan.<sup>26</sup> Minyak jelantah juga dapat meningkatkan radikal bebas, radikal bebas yang mengandung oksigen diklasifikasikan sebagai *Reactive Oxygen Species* (ROS). Produksi ROS berlebih dapat menimbulkan stress oksidasi memicu proses peroksidasi lipid sehingga dapat menimbulkan inflamasi, proses penuaan, aterosklerosis dan kanker.<sup>27</sup>

### 2.3 Radikal Bebas

Radikal bebas (*free radical*) atau sering juga disebut *reactive oxygen species* (ROS) berasal dari bahasa latin *radicalis*. Radikal bebas merupakan suatu senyawa atau molekul yang sangat reaktif karena mempunyai satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan. Elektron bila tidak berpasangan (*unpaired*) menyebabkan molekul tersebut menjadi tidak stabil dan memiliki potensi untuk merusak. Umumnya radikal bebas diperlukan bagi kelangsungan beberapa proses

fisiologis dalam tubuh, terutama untuk transportasi elektron. Namun jika molekul tidak stabil ini mengambil satu elektron dari senyawa lain maka molekul tersebut akan menjadi stabil sedangkan molekul lain yang diambil elektronnya menjadi tidak stabil berubah menjadi radikal dan memicu reaksi pembentukan radikal bebas berikutnya atau reaksi berantai.<sup>28</sup> Sifat dari radikal bebas adalah sangat reaktif karena dapat bermuatan positif atau negatif dan memiliki waktu paruh yang sangat cepat. Radikal bebas akan segera bereaksi dengan cepat dengan mengambil elektron molekul disekitarnya. Radikal bebas yang berlebihan, bersamaan dengan kurangnya ketersediaan antioksidan merupakan faktor yang mempengaruhi sel dalam keadaan stress oksidatif.<sup>10</sup> Radikal bebas dan minyak dapat mengaktifkan oksidan sehingga lemak mengalami peroksidasi dan oksidasi makromolekul seperti protein dan DNA yang menyebabkan kerusakan sel-sel tubuh.<sup>29</sup> Akibat dari radikal bebas dalam jumlah besar menyebabkan gangguan produksi DNA, lapisan lipid pada dinding sel, pembuluh darah, produksi prostaglandin, kerusakan sel dan mengurangi kemampuan sel untuk beradaptasi terhadap lingkungannya.

Dalam jumlah tertentu radikal bebas diperlukan untuk kesehatan, akan tetapi radikal bebas bersifat merusak dan sangat berbahaya. Fungsi radikal bebas dalam tubuh adalah untuk melawan radang, membantu destruksi sel-sel mikroorganisme dan kanker, dan membunuh bakteri. Namun produksi radikal bebas yang berlebihan atau produksi antioksidan yang tidak memadai menyebabkan kerusakan sel jaringan dan enzim-enzim. Apabila terjadi

ketidakseimbangan antara radikal bebas dan antioksidan yang disebut *stress oxidative* .

Sumber radikal bebas: <sup>30</sup>

1) Endogen

a. Autoksidasi

Merupakan suatu proses metabolisme aerob yang dapat menghasilkan kelompok oksigen reaktif,

b. Proses oksidasi enzimatik

Di dalam tubuh terbentuk sebagai sisa proses metabolisme sistem enzim mampu menghasilkan radikal bebas, meliputi *xanthine oxidase*, *prostaglandin synthase*, *aldehyde oxidase*, *lipxygenase* dan *amino acid oxidase*.

c. *Respiratory burst*

Proses sel fagosit dapat menghasilkan sekitar 70%-90% penggunaan oksigen total berperan membentuk superoksida yang merupakan bentuk radikal bebas .

2) Eksogen

a. Radiasi

Radioterapi dapat menimbulkan kerusakan jaringan. Radiasi dibagi menjadi radiasi elektromagnetik misalnya sinar X dan sinar  $\gamma$  dan radiasi partikel misalnya partikel electron, proton, neutron alfa dan beta.

b. Obat

Dengan cara peningkatan tekanan oksigen, obat berperan dalam peningkatan produksi radikal bebas. Jenis nya berupa obat golongan antibiotik quionoid, obat kanker, dan penggunaan asam askorbat berlebihan dapat mempercepat peroksidasi lipid.

c. Asap rokok

Berasal dari polusi udara, tembakau dalam batang rokok menghasilkan oksidan yang dapat menurunkan jumlah antioksidan intraseluler yang terdapat di dalam sel paru-paru

**Tabel 2.** Jenis *reactive oxygen species* (ROS).<sup>31</sup>

Symbol	Name
1O <sub>2</sub>	singlet oksigen
O <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Superoxide anion radical
OH	Hidoksil radikal
RO	Alkoksil radikal
ROO	Peroksil radikal
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Hidrogen peroxide
LOOH	Lipid hydroperoxide

Sumber utama ROS adalah respirasi aerobic, dapat juga diproduksi oleh peroximal  $\beta$ -oksidasi asam lemak, metabolisme sitokrom p450, senyawa xenobiotic, stimulasi fagositosis oleh pathogen dan enzim jaringan spesifik. .



Secara umum terdapat tiga tahapan pembentukan radikal bebas antara lain sebagai berikut <sup>32</sup> :

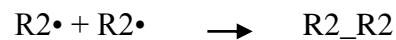
1. Tahap Inisiasi adalah fase awal pembentukan radikal bebas, misalnya:



2. Tahap Propagasi adalah fase pemanjangan rantai radikal, misalnya:



3. Tahap Terminasi adalah tahap dimana terjadi reaksi antara senyawa radikal satu dengan senyawa radikal lainnya atau dengan penangkap radikal, misalnya:



Reaksi selanjutnya adalah proksidasi lipid dan membran dan sitosol yang mengakibatkan terjadinya serangkaian reduksi asam lemak sehingga terjadi kerusakan organel sel dan membran.

### 2.3.1 Peroksidasi Lipid

Peroksidasi lipid umumnya merupakan suatu proses terjadinya reaksi oksidasi akibat reaksi asam lemak tak jenuh senyawa oksigen. Peroksidasi lipid adalah proses dimana radikal bebas mengikat elektron-elektron lipid pada membrane sel yang berakibat langsung pada kerusakan sel. Peroksidasi lipid selanjutnya mengubah DNA mitokondria dan mengganggu kestabilan membran sel, propagasi siklus stres oksidatif secara besar-besaran yang diikuti dengan

peradangan. Zat yang terlibat dalam proses peroksidasi lipid antara lain *Poly Unsaturated Fatty Acid* (PUFA), fosfolipid, glikolipid, kolesterol ester dan kolesterol . Asam lemak tak jenuh (PUFA) merupakan yang paling rentan terhadap ROS karena mengandung banyak ikatan ganda antara molekulnya.<sup>33</sup> Peroksidasi lipid yang diperantarai ROS mempunyai tiga komponen utama reaksi, yaitu reaksi inisiasi, propagasi, dan terminasi.<sup>33, 34</sup>

#### 1. Tahap Inisiasi

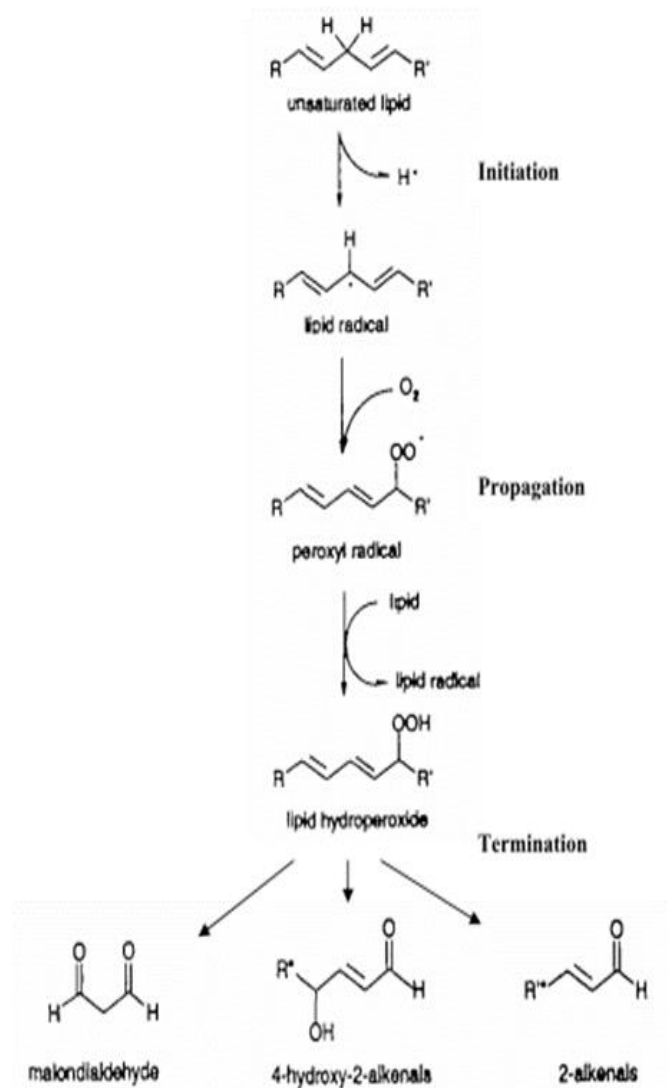
Produksi asam lemak radikal. Terjadi serangan radikal bebas ROS terhadap partikel lipid sehingga menghasilkan air (H<sub>2</sub>O) dan asam lemak radikal

#### 2. Tahap Propagasi

Proses inisiasi menghasilkan asam lemak radikal bersifat tidak stabil dan mudah bereaksi dengan molekul oksigen sehingga menghasilkan peroksi radikal asam lemak. Jika radikal peroksil bereaksi dengan asam lemak bebas lainnya akan menghasilkan lipid hidroperoksida. Siklus ini berlanjut sedemikian rupa hingga memasuki tahap terminasi

#### 3. Tahap terminasi

Radikal yang bereaksi dengan non radikal akan menghasilkan suatu radikal yang baru, proses ini dinamakan mekanisme reaksi rantai.



**Gambar 1.** Reaksi Berantai Peroksidasi Lipid. <sup>35</sup>

#### 2.4 *Superoxide Dismutase (SOD)*

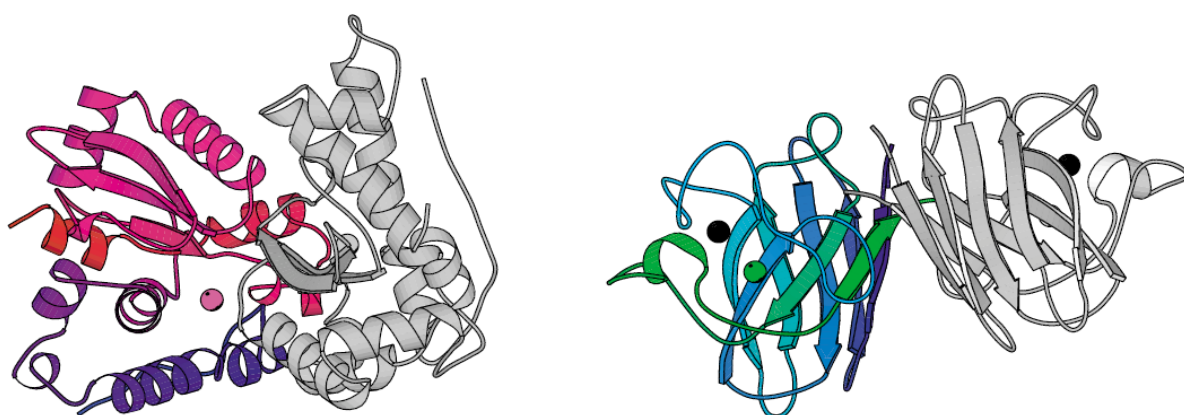
*Superoxide Dismutase (SOD)* adalah *metalloenzymes* yang mengkatalisis reaksi dismutasi ion superoksida radikal ( $O_2^\bullet$ ) menjadi hydrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) dan oksigen ( $O_2$ ), hydrogen peroxide mudah berdifusi melewati membran plasma.  $H_2O_2$  dengan ion oksigen dan radikal bebas termasuk dalam *reactive oxygen species (ROS)*. *Superoxide Dismutase (SOD)* berfungsi sebagai antioksidan

dengan reaksi enzimatik yang membersihkan radikal bebas atau *reactive oxygen species* (ROS) dan mengubahnya menjadi produk yang lebih stabil.

Reaksi Dismutasi:



Enzim SOD memiliki kemampuan mendegradasi anion superoksida radikal menjadi oksigen ( $\text{O}_2$ ) dan hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Kemudian perannya dilanjutkan oleh enzim GPx dan catalase hingga dihasilkan air dan oksigen. Superoksida dismutase termasuk enzim primer di dalam tubuh karena mampu melindungi sel-sel dalam tubuh akibat serangan radikal bebas. SOD dapat ditemukan di hati, sel darah merah, otak, ginjal, tiroid, testis, otot jantung, mukosa lambung, kelenjar pituitari, pankreas dan paru. Aktivitas SOD dapat dijadikan pacuan dalam mengukur stress oksidatif.<sup>36, 37</sup> Enzim SOD akan bekerja sempurna dengan adanya mineral-mineral seperti tembaga (Cu), seng (Zn) dan mangan (Mn)

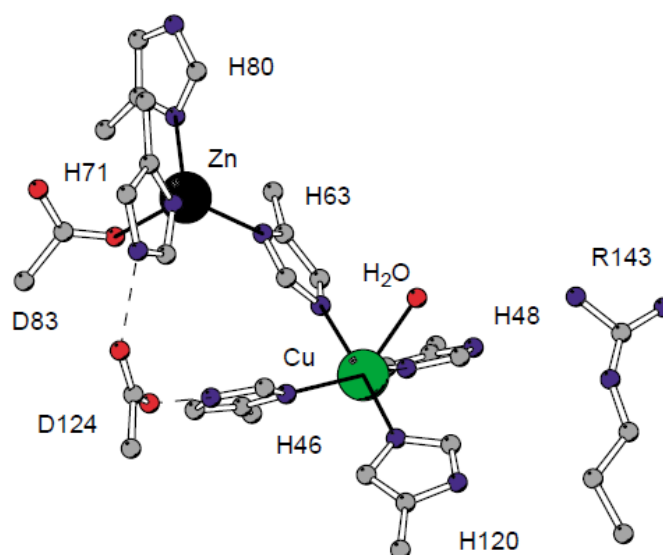


**Gambar 2.** Enzim SOD.<sup>38</sup>

### 2.4.1 Jenis SOD

#### 1) Cu, Zn SOD (Eritrocuprein)

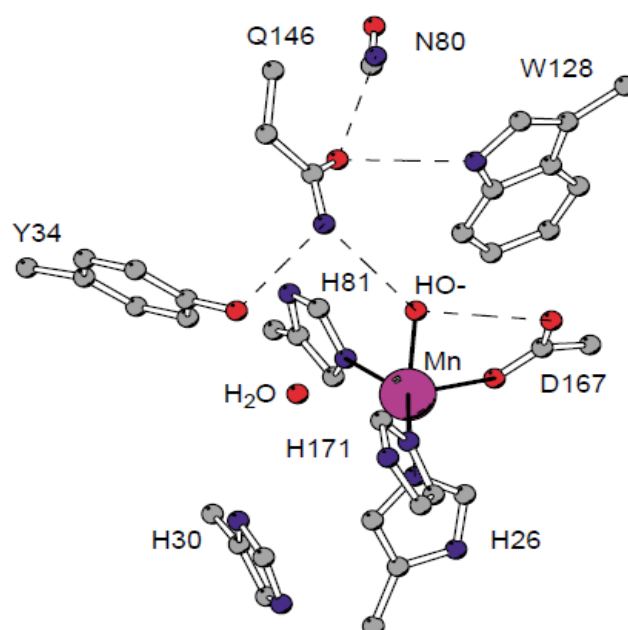
*Copper Zink Superoxide dismutase* adalah merupakan protein hemodimerik. Dua bentuk subunit identik SOD mengandung tembaga atau seng ditemukan dalam sebagian besar sel-sel tubuh termasuk sitoplasma eukariot sel-sel darah merah dan sel bakteri dengan berat molekul 32kDa. ZnSOD adalah salah satu contoh kelompok utama protein dalam jaringan selular berperan untuk menaikkan kadar seng dan memberikan efek perlindungan terhadap toksik melibatkan kedua aktivitas metal binding dan aktivitas enzimatik.<sup>39</sup> Cu,ZnSOD biasanya ditemukan di sitosol sel eukariot, dimana Cu,ZnSO melindungi sel terhadap produksi superoxide endogen. Pada paparan yang mengalami stress oksidasi lain, *reactive oxygen species* tidak hanya berada di dalam sel, namun dapat berdifusi melewati membran plasma dan cairan ekstraseluler.<sup>40</sup>



**Gambar 3.** Struktur Cu, Zn SOD <sup>38</sup>

## 2) Mn SOD

Mangan merupakan logam penting bagi kesehatan diperlukan untuk pengembangan, metabolisme dan system antioksidan. MnSOD bekerja sebagai antioksidan utama dalam menghambat kerja superoxide dismutase di dalam mitokondria organisme aerobik. Mangan merupakan mineral dengan jumlah sedikit dalam tubuh. Disintesis di cairan ekstraseluler pada beberapa sel saja, seperti sel endotel dan fibroblast.<sup>41, 42</sup>



**Gambar 4.** Struktur Mn-SOD.<sup>38</sup>

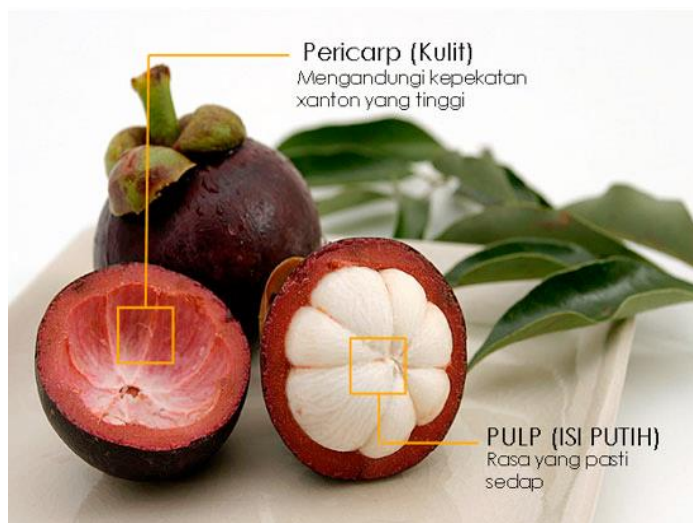
## 3) EC-SOD

Merupakan metalloprotein dan sebagai enzim antioksidan. Predominan SOD di dalam cairan ekstraseluler. EC-SOD adalah homotetramer glycoprotein bersifat hidrofobik yang menunjukkan afinitas yang tinggi pada heparin dan sulfide-

glikosaaminoglikan. Konsentrasi tertinggi EC-SOD terdapat di pembuluh darah, paru-paru, ginjal dan uterus.<sup>43</sup> EC-SOD mengandung domain ikatan heparin yg unik pada karboksi terminalnya. Domain ini menyebabkan lokalisasi ke matriks ekstrasel pembersih anion superoxide.<sup>44</sup>

## 2.5 Manggis (*Garcinia mangostana* L.)

### 2.5.1 Klasifikasi



**Gambar 5.** Manggis (*Garcinia mangostana* L.)

Klasifikasi tanaman manggis sebagai berikut:

Divisi : Spermatophyta

Sub-divisi : Angiospermae

Kelas: Dicotyledone

Family: Guttiferae

Genus: *Garcinia*

Species: *Garcinia mangostana* L.

Manggis (*Garcinia mangostana L.*) adalah tanaman daerah tropis pada beberapa Negara di Asia Tenggara seperti Indonesia, Malaysia, Sri Lanka, Filipina, dan Thailand. Bentuknya yang khas dan dilapisi oleh kulit yang tebal jika dilihat bagian dalamnya berwarna merah keunguan. Tanaman ini tumbuh hingga mencapai 7 sampai 25 meter. Manggis merupakan buah yang mempunyai kulit buah tebal namun mudah pecah, dengan biji berlapis daging (pulp) yang mempunyai rasa manis masam. Sebagian besar, kulit buah manggis mengandung senyawa yang rasanya pahit terutama xanthone dan tanin. Kulit buah manggis (*Garcinia mangostana L.*) mengandung senyawa polifenol golongan tanin, antosianin dan xanthone yang mempunyai aktivitas antioksidan.<sup>45</sup>

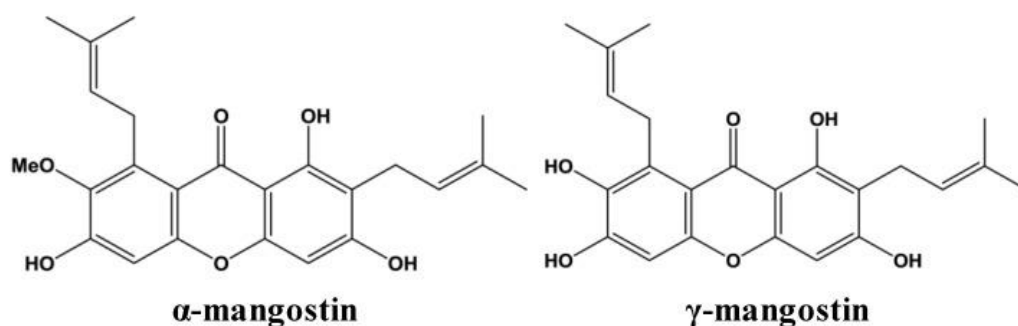
**Tabel 3.** Kandungan Nutrisi Buah Manggis per 100 gram.<sup>46</sup>

Kandungan	Jumlah
Kalori	63,00 Kkal
Karbohidrat	15,60 g
Lemak	0,60 g
Protein	0,60 g
Kalsium	8,00 mg
Vitamin C1	2,00 mg
Vitamin B1	0,03 mg
Fosfor	12,00 mg
Zat Besi	0,80 mg
Bagian yang dapat dimakan	29,00%



### 2.5.2 Ekstrak Kulit Manggis

Kulit buah manggis mengandung senyawa xanthone yang meliputi mangostin, mangostenol, mangostenon A, mangostenon B, trapezifolixanton, tovopilin B,  $\alpha$  mangostin,  $\beta$  mangostin, garcinon B, flavonoid, dan tannin. *Xanthone* adalah senyawa organik ditemukan konsentrasi tinggi dalam kulit manggis. Senyawa  $\alpha$ -mangostin dan  $\gamma$ -mangosten merupakan senyawa paling banyak ditemukan dalam kulit buah manggis. Kulit buah manggis yang telah diekstraksi dan mengandung 95% *xantone* termasuk senyawa isoflavon, tanin, flavanoid, vitamin C, fenol dan antosianin.<sup>48</sup>



**Gambar 6.** Struktur Kimia  $\alpha$ -mangostin dan  $\gamma$ -mangostin.<sup>49</sup>

Oksidasi merupakan suatu reaksi kimia yang melibatkan pengikatan oksigen, pelepasan hidrogen, atau pelepasan electron. Di dalam tubuh manusia radikal bebas dapat berasal 2 sumber yaitu endogen dan eksogen<sup>32</sup>. Antioksidan merupakan zat yang mampu melindungi sel melawan kerusakan yang ditimbulkan oleh radikal bebas (*Reactive Oxygen Species*), seperti singlet oksigen, superoksid, radikal peroksid dan radikal hidroksil. Xanthone adalah senyawa organik dengan rumus molekul  $C_{13}H_8O_2$ . Strukturnya berbentuk cincin segi enam dengan ikatan karbon.

## 2.6 Antioksidan

Antioksidan merupakan senyawa yang dapat menunda proses oksidasi, menghambat polimerasi dari rantai radikal bebas. Senyawa ini bekerja dengan mendonorkan satu elektronnya kepada senyawa yang bersifat oksidan sehingga aktivitas senyawa oksidan dapat dihambat sehingga dapat menghentikan proses perusakan sel. Antioksidan bereaksi dan menetralkan radikal bebas untuk mengurangi kerusakan yang ditimbulkannya. Senyawa tersebut berfungsi melindungi bahan pangan dari kerusakan yang disebabkan terjadinya reaksi oksidasi. Antioksidan akan menetralkan radikal bebas sehingga tidak mempunyai kemampuan lagi mencuri elektron dari sel dan DNA. Keseimbangan oksidan dan antioksidan sangat penting karena berkaitan dengan sistem tubuh, terutama untuk menjaga integritas dan berfungsinya membran lipid, protein sel dan asam nukleat.

Mekanisme antioksidan dalam menghambat oksidasi atau menghentikan reaksi berantai pada radikal bebas dari lemak yang teroksidasi, dapat disebabkan oleh 4 macam mekanisme reaksi yaitu: <sup>50</sup>

- a. Pelepasan hidrogen dari antioksidan
- b. Pelepasan elektron dari antioksidan
- c. Addisi asam lemak ke cincin aromatik pada antioksidan.
- d. Pembentuk senyawa kompleks antara lemak dan cincin aromatik dari antioksidan.

Secara alami dalam tubuh manusia telah memiliki mekanisme pertahanan terhadap radikal bebas, yaitu antioksidan endogen mnbbn intrasel atau antioksidan enzimatis yang terdiri atas enzim-enzim yang disintesis oleh tubuh

seperti *Superoksida dismutase* (SOD), katalase dan glutathion peroksidase.<sup>51</sup> Antioksidan non-enzimatis terbagi menjadi dua kelompok, yaitu antioksidan larut dalam lemak (karotenoid, flavonoid, kuinon, bilirubin dan vitamin E) dan antioksidan yang larut dalam air (protein pengikat logam, pengikat heme dan asam askorbat). Antioksidan eksogen menurut dapatannya dibagi menjadi antioksidan alami dan antioksidan sintetis :

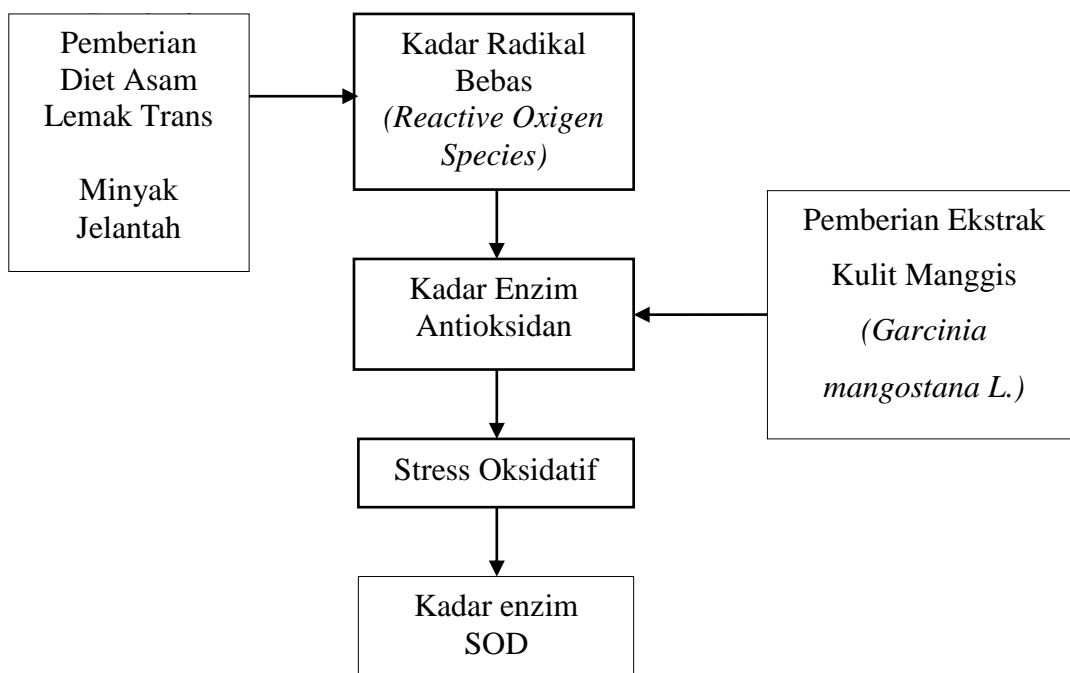
a. Antioksidan Alami

Antioksidan alami adalah antioksidan yang diperoleh secara alami yang sudah ada dalam bahan pangan. Kandungan terbesar antioksidan didapat dari tumbuh-tumbuhan, sayur-sayuran, dan buah-buahan yang terdapat di alam. Komponen kandungannya meliputi vitamin A, vitamin E, vitamin C, vitamin B2, Seng (Zn).

b. Antioksidan Sintetis

Merupakan antioksidan yang diproduksi oleh manusia dengan mensintesis di bidang industri. Contoh antioksidan sintesis banyak diproduksi dalam industri makanan adalah Butylated Hydroxy Anisol (BHA). BHA memiliki kemampuan antioksidan yang baik pada lemak hewan yang dipanggang, BHA bersifat larut lemak dan tidak larut air, Butylated Hidroksy Tiluent (BHT), propilgallat, dan etoksiquin<sup>52</sup>.

## 2.7 Kerangka Teori

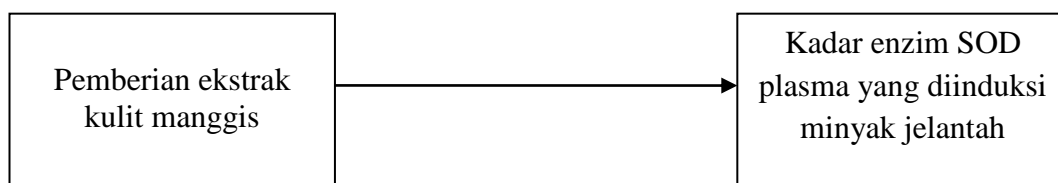


**Gambar 7.** Kerangka Teori

Pada kerangka teori ini dapat diketahui kadar enzim superoxide dismutase dipengaruhi oleh keadaan stress oksidatif. Pemberian diet asam lemak trans yaitu minyak jelantah bekerja melalui peningkatan radikal bebas atau ROS dan penurunan enzim antioksidan. Maka terjadilah proses stress oksidatif yang dapat mempengaruhi kadar enzim superoxide dismutase. Ekstrak kulit manggis berpotensi sebagai antioksidan yang bekerja sebagai *scavenger* radikal bebas dan dapat meningkatkan kadar enzim antioksidan.

## 2.8 Kerangka Konsep

Berdasarkan kerangka teori tersebut maka didapatkan kerangka konsep yaitu pemberian ekstrak kulit manggis dapat mempengaruhi kadar enzim SOD plasma yang diinduksi minyak jelantah



**Gambar 8.** Kerangka Konsep

## 1.9 Hipotesis

### 2.9.1 Hipotesis Mayor

Pemberian ekstrak kulit manggis dapat meningkatkan kadar enzim SOD plasma tikus wistar setelah diberi paparan minyak jelantah.

### 2.9.2 Hipotesis Minor

Hipotesis minor dari penelitian adalah sebagai berikut

1. Terdapat kadar enzim SOD darah tikus yang lebih tinggi pada kelompok kontrol daripada kelompok yang di papar minyak jelantah
2. Terdapat kadar enzim SOD darah tikus yang lebih rendah pada kelompok kontrol daripada kelompok pemberian ekstrak kulit manggis saja.

3. Terdapat kadar enzim SOD darah tikus yang lebih rendah pada kelompok kontrol daripada kelompok pemberian ekstrak kulit manggis serta minyak jelantah.
4. Terdapat kadar enzim SOD darah tikus yang lebih rendah pada kelompok paparan minyak jelantah daripada kelompok pemberian ekstrak kulit manggis saja
5. Terdapat kadar enzim SOD darah tikus yang lebih rendah pada kelompok paparan minyak jelantah daripada kelompok pemberian ekstrak kulit manggis dan minyak jelantah
6. Terdapat kadar enzim SOD darah tikus yang lebih tinggi pada kelompok pemberian ekstrak kulit manggis saja daripada kelompok pemberian ekstrak kulit manggis serta minyak jelantah