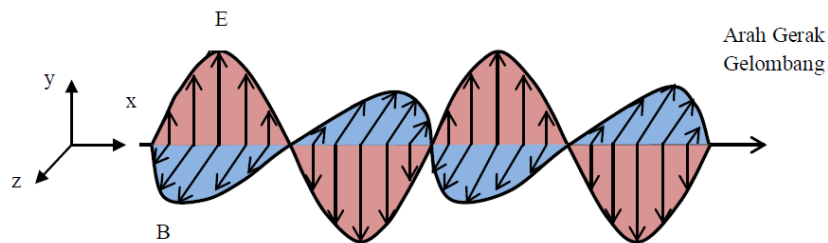


## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang dapat merambat walaupun tidak ada medium dan terdiri dari medan listrik dan medan magnetik, dimana arah getaran vektor medan listrik dan medan magnet saling tegak lurus (gambar 1) (Harefa, 2003). Gelombang ini berupa gelombang transversal yang memiliki panjang gelombang  $>0,0001$  nm dan pertama kali ditemukan oleh seorang ilmuwan bernama Heinrich Hertz (Khoir, 2012).



**Gambar 1.** Perambatan gelombang elektromagnetik (Harefa, 2003).

Spektrum elektromagnetik yang kita ketahui mencakup rentang frekuensi yang lebar. Gelombang radio, sinyal *Base Transceiver Station* (BTS), sinyal televisi, sinyal radar, cahaya tak terlihat, sinar-X dan sinar Gamma merupakan contoh gelombang elektromagnetik. Untuk mudahnya,

spektrum gelombang elektromagnetik dibagi menjadi beberapa daerah. Pada spektrum gelombang dengan frekuensi 60 atau 50 Hz terdapat medan elektromagnetik yang dibangkitkan oleh saluran daya listrik dan beberapa peralatan besar maupun kecil. Pada ujung atas terdapat radiasi nuklir yang terdiri dari sinar Gamma dan sinar-X. Ditengah-tengah terdapat Radio Frekuensi (RF) gelombang elektromagnetik yang membawa apa saja dari radio, siaran televisi, band radio dan lainnya. Oleh karena itu peralatan komunikasi seperti *handphone* yang sering digunakan oleh manusia akan memberikan paparan radiasi berupa gelombang elektromagnetik RF (Khoir, 2012; Swamardika, 2009).

## 2.2 *Handphone*

*Handphone* adalah perangkat telekomunikasi elektronik yang mempunyai kemampuan dasar yang sama dengan telepon konvensional saluran tetap, namun dapat dibawa kemana-mana (portabel, *mobile*) dan tidak perlu disambungkan dengan jaringan telepon menggunakan kabel. Pada umumnya, *handphone* juga mempunyai fungsi pengiriman dan penerimaan pesan singkat (*Short Message Service*, SMS). Saat ini Indonesia mempunyai dua jaringan telepon nirkabel yaitu sistem GSM (*Global System for Mobile Telecommunications*) dan sistem CDMA (*Code Division Multiple Access*) (Khoir, 2012).

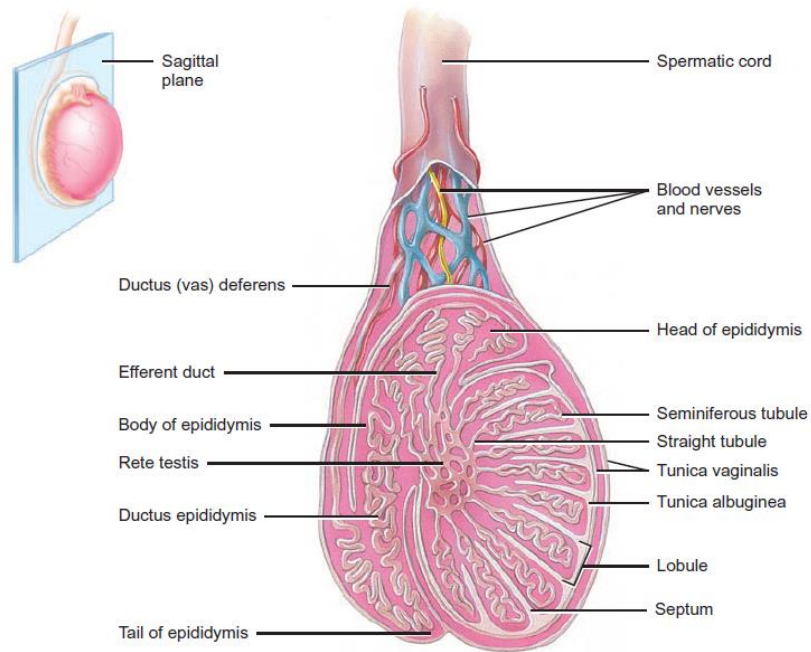
Teknologi GSM menerapkan TDMA (*Time Division Multiple Access*) dengan menggunakan penyandian atau *encryption* untuk membuat panggilan telpon lebih aman. GSM beroperasi pada frekuensi 900Mhz dan

1800Mhz di Eropa dan Asia, sedangkan di Amerika Serikat pada frekuensi 850Mhz dan 1900Mhz. Berbeda dengan GSM, pada teknologi CDMA merupakan basis untuk *Interim Standard* (IS)-95 dan beroperasi pada frekuensi 800Mhz dan 1900Mhz (Proboyekti, 2007).

## **2.3 Testis**

### **2.3.1 Anatomi dan Fisiologi**

Testis merupakan salah satu organ reproduksi utama pada laki-laki. Organ ini awalnya berkembang pada daerah retroperitoneal, kemudian perlahan turun sampai ke skrotum melewati kanalis inguinalis pada bulan ke tujuh perkembangan janin. Testis berjumlah sepasang dengan bentuk oval, memiliki panjang sekitar 5 cm, diameter 2,5 cm, dan berat 10-15 gram. Testis memiliki suatu kapsul jaringan ikat yaitu tunika albuginea, jaringan ini yang membungkus testis dan merentang ke arah dalam untuk membaginya menjadi sekitar 250 lobulus. Pada setiap 200-300 lobulus mengandung satu sampai tiga tubulus seminiferus (Sloane, 2004; Tortora & Nielsen, 2012).



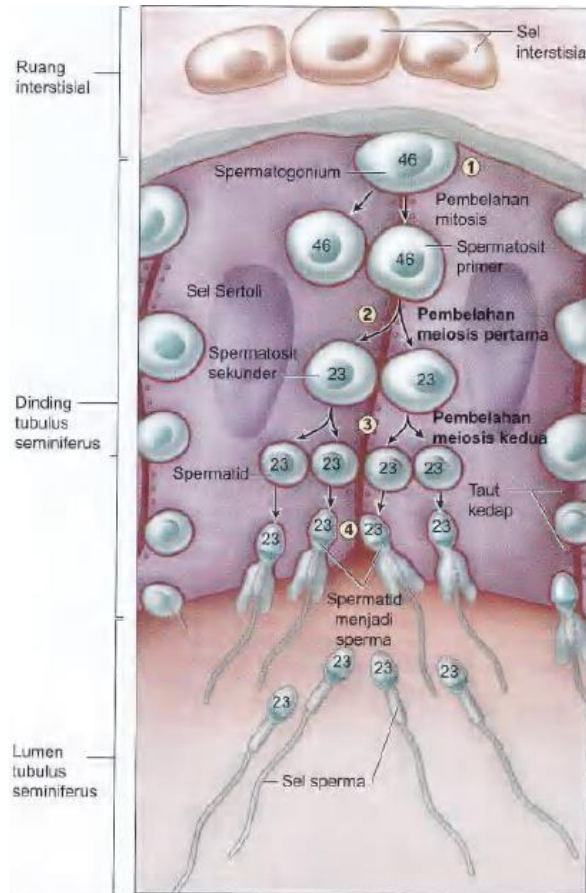
**Gambar 2.** Potongan sagital testis (Tortora & Nielsen, 2012).

Testis memiliki fungsi ganda yaitu menghasilkan sperma dan mengeluarkan testosteron. Sel-sel endokrin yang menghasilkan testosteron adalah sel Leydig yang terletak diantara tubulus-tubulus seminiferus. Oleh karena itu, bagian-bagian testis yang menghasilkan testosteron secara struktural dan fungsional terpisah. Testosteron adalah suatu hormon steroid yang berasal dari molekul prekursor kolesterol. Setelah diproduksi, sebagian besar testosteron disekresikan ke dalam darah untuk diangkut, terutama dalam bentuk terikat ke protein plasma menuju tempat kerjanya. Sebagian besar dari testosteron yang baru dibentuk mengalir ke lumen tubulus seminiferus, tempat hormon ini berperan penting dalam produksi sperma (Sherwood, 2012).

### 2.3.2 Spermatogenesis

Proses dalam pembentukan sperma melalui dua tahapan penting yaitu spermatogenesis dan spermiogenesis. Spermatogenesis adalah suatu proses perubahan spermatogonium menjadi spermatid, kemudian spermiogenesis adalah tahap dimana spermatid diubah menjadi spermatozoa (Mescher, 2012).

Spermatogenesis terjadi di tubulus seminiferus selama masa seksual aktif. Pada tahap pertama, spermatogonium bermigrasi diantara sel-sel Sertoli menuju lumen sentral tubulus seminiferus. Sel-sel Sertoli ini sangat besar, dengan pembungkus sitoplasma berlebihan mengelilingi spermatogonium yang sedang berkembang sampai menuju bagian tengah lumen tubulus. Spermatogonium yang melewati lapisan pertahanan masuk ke dalam lapisan sel Sertoli akan dimodifikasi secara berangsur-angsur dan membesar untuk membentuk spermatosit primer yang besar. Setiap spermatosit tersebut, selanjutnya mengalami pembelahan mitosis untuk membentuk dua spermatosit sekunder. Setelah beberapa hari, spermatosit sekunder ini juga membelah menjadi spermatid (Guyton, 2008).

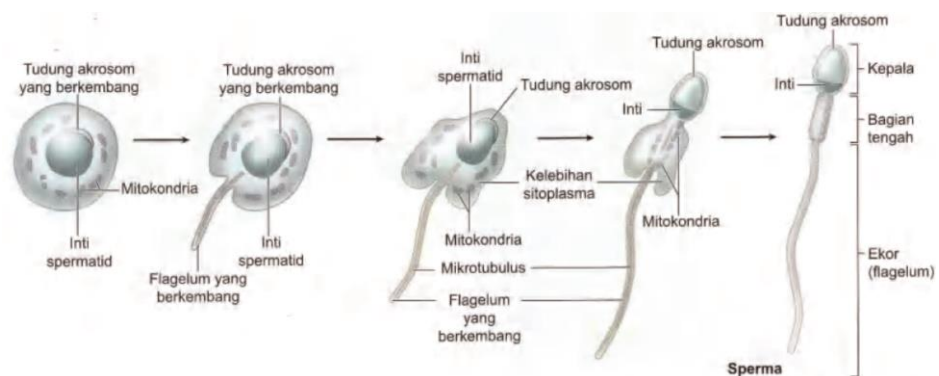


**Gambar 3.** Tahapan spermatogenesis (Mescher, 2012).

Selama masa pergantian dari tahap spermatosit ke tahap spermatid, 46 kromosom spermatozoa (23 pasang kromosom) dibagi sehingga 23 kromosom diberikan ke satu spermatid dan 23 lainnya ke spermatid yang kedua. Keadaan ini juga membagi gen kromosom sehingga hanya setengah karakteristik genetik bayi yang berasal dari ayah, sedangkan setengah sisanya diturunkan dari oosit yang berasal dari ibu (Guyton, 2008).

Spermiogenesis merupakan tahap akhir produksi sperma dan merupakan proses transformasi spermatid menjadi spermatozoa, yaitu sel yang sangat dikhususkan untuk menyampaikan DNA pria kepada ovum. Tidak terjadi

pembelahan sel selama proses ini berlangsung. Spermatid dapat dikenali dari ukurannya yang kecil (diameter 7-8  $\mu\text{m}$ ), inti haploid dengan daerah kromatin padat dan posisinya berada dekat dengan lumen tubulus seminiferus. Spermiogenesis mencakup pembentukan akrosom, kondensasi, pemanjangan inti, pembentukan flagelum, dan hilangnya sebagian besar sitoplasma. Hasil akhirnya adalah spermatozoa matang, yang kemudian dilepaskan ke dalam lumen tubulus seminiferus (Mescher, 2012). Keseluruhan proses dari spermatogonia menjadi spermatozoa memerlukan waktu sekitar 65-75 hari (Tortora & Nielsen, 2012).



**Gambar 4.** Tahapan Spermiogenesis (Mescher, 2012).

Dalam menjalankan fungsinya, organ testis memerlukan suatu mekanisme kontrol umpan balik. LH dan FSH bekerja pada komponen-komponen testis yang berbeda. LH bekerja pada sel Leydig (interstisial) untuk mengatur fungsi testosteron sehingga nama alternatifnya pada pria adalah *interstitial cell-stimulating hormone* (ICSH). Sedangkan, FSH bekerja pada tubulus seminiferus khususnya sel Sertoli untuk meningkatkan spermatogenesis. Sekresi LH dan FSH dari hipofisis anterior dirangsang

oleh satu hormon hipotalamus, *gonadotropin-releasing hormone* (GnRH). Testosteron yang merupakan produk stimulasi LH pada sel Leydig, bekerja secara umpan balik negatif untuk menghambat sekresi LH melalui dua jalan. Efek umpan balik negatif dominan testosteron adalah mengurangi pelepasan GnRH dengan bekerja pada hipotalamus sehingga secara tidak langsung akan mengurangi pengeluaran FSH dan LH oleh hipofisis anterior. Selain itu, testosteron bekerja secara langsung pada hipofisis anterior untuk menurunkan responsivitas sel sekretorik LH terhadap GnRH. Hal ini menjelaskan mengapa efek inhibisi testosteron terhadap sekresi LH lebih besar daripada sekresi FSH (Sherwood, 2012).

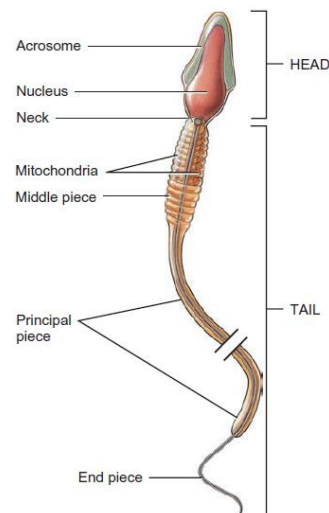
### **2.3.3 Struktur Sperma**

Spermatozoa terdiri atas kepala dan ekor, pada bagian kepala memiliki panjang sekitar 4-5  $\mu\text{m}$ . Kepala terdiri atas inti sel yang padat dengan kromosom haploid (23). Di bagian luar, dua pertiga anterior kepala terdapat selubung tebal yang disebut akrosom yang terutama dibentuk oleh apparatus golgi. Selubung ini mengandung sejumlah enzim yang serupa dengan enzim yang ditemukan pada lisosom dari sel-sel yang khas, meliputi hialuronidase (yang dapat mencerna filamen proteoglikan jaringan) dan enzim proteolitik yang sangat kuat (yang dapat mencerna protein). Enzim ini memainkan peranan penting sehingga memungkinkan sperma untuk memasuki ovum dan membuahnya. Ekor sperma, yang disebut flagelum, memiliki tiga komponen utama, yaitu :



- 1). Kerangka pusat, dibentuk dari sebelas mikrotubulus, yang secara keseluruhan disebut aksonema. Struktur tersebut serupa dengan struktur silia yang terdapat pada permukaan sel tipe lain.
- 2). Membran sel tipis yang menutupi aksonema, dan
- 3). Sekelompok mitokondria yang mengelilingi aksonema dibagian proksimal ekor yang disebut sebagai badan ekor.

Gerakan maju mundur ekor (flagela) memberikan motilitas pada sperma. Gerakan ini disebabkan oleh gerakan meluncur longitudinal secara ritmis diantara tubulus posterior dan anterior yang membentuk aksonema. Energi untuk proses ini disuplai dalam bentuk *adenosine triphosphate* (ATP) yang disintesis oleh mitokondria di badan ekor (Guyton, 2008; Tortora & Nielsen, 2012).



**Gambar 5.** Struktur spermatozoa (Tortora & Nielsen, 2012).

### 2.3.4 Fisiologi Normal Sperma

Dalam keadaan normal, sperma keluar bercampur dengan cairan sekretorik dan mukus organ reproduksi yang sering disebut dengan cairan semen. Volume dan kandungan sperma ejakulat bergantung pada lama waktu antar ejakulasi. Volume rerata semen adalah 2,75 ml, berkisar dari 2 sampai 6 ml, dengan volume lebih banyak setelah abstinensia (tidak berhubungan seks selama beberapa waktu). Ejakulat manusia rerata mengandung sekitar 180 juta sperma (66 juta/ml). Seorang pria dianggap infertil secara klinis apabila konsentrasi spermanya turun dibawah 20 juta/ml semen (Sherwood, 2012).

Sperma normal yang motil dan fertil, mampu menggerakkan flagel melalui medium cair dengan kecepatan sekitar 1 sampai 4 mm/menit. Aktivitas sperma sangat meningkat dalam suatu medium yang netral dan sedikit basa, seperti yang terdapat dalam semen yang dikeluarkan saat ejakulasi. Namun, aktivitas sangat menurun dalam medium yang sedikit asam dan sperma dapat mati pada medium yang sangat asam. Aktivitas sperma meningkat dengan nyata bersamaan dengan peningkatan suhu, namun kecepatan metabolismenya juga ikut meningkat, sehingga umur sperma berkurang. Walaupun sperma dapat hidup selama beberapa minggu dalam duktus genitalia testis pada keadaan inaktif, harapan hidup sperma dalam ejakulat di traktus genitalia wanita hanya 1 sampai 2 hari (Guyton, 2008).

## 2.4 Pengaruh Radiasi Gelombang Elektromagnetik

Radiasi gelombang elektromagnetik yang dihasilkan *handphone* termasuk ke dalam radiasi non-pengion, yaitu jenis radiasi yang tidak mampu mengionisasi materi yang dilaluinya (WHO, 2002). Radiasi elektromagnetik non-pengion berada pada rentang frekuensi Hz (Hertz) sampai THz (Tera Hertz). Demikian pula panjang gelombangnya, mulai dari panjang gelombang terkecil, yaitu nm (nanometer) sampai lebih dari 1000 km (kilometer). Sedangkan, energi per foton yang dihasilkan tentu saja berada pada rentang yang sangat lebar, mulai dari peV (peta elektron Volt) sampai eV (elektron Volt). Potensi gangguan kesehatan antara lain ditentukan energi per foton yang dihasilkan oleh radiasi elektromagnetik tersebut (Anies, 2007).

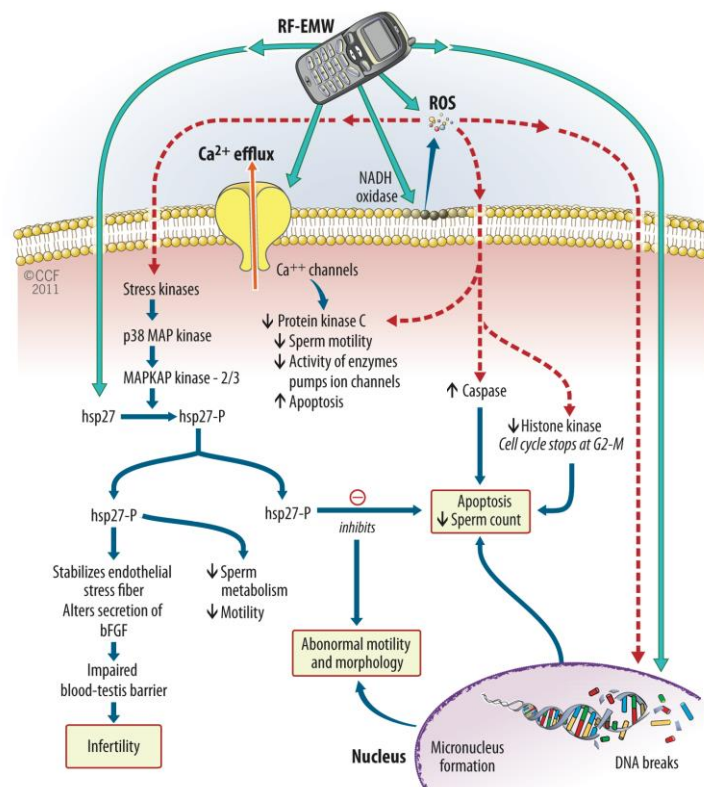
Interaksi medan elektromagnetik *handphone* dengan makhluk hidup, yaitu melalui penyerapan energi radiofrekuensi oleh tubuh. Perhitungan berapa banyak energi radio frekuensi yang diserap ke dalam tubuh disebut SAR (*Specific Absorption Rate*) dan dinyatakan dalam Watt per kilogram jaringan (W/kg) (Surya, 2012). Badan WHO (*World Health Organization*) dan IDI (Ikatan Dokter Indonesia) mengemukakan bahwa medan elektromagnetik dapat menimbulkan berbagai masalah kesehatan, antara lain sistem darah, sistem kardiovaskular, sistem saraf, dan sistem reproduksi (Anies, 2007).

### 2.4.1 Pengaruh Gelombang Elektromagnetik Terhadap Sistem Reproduksi

Paparan gelombang elektromagnetik yang diakibatkan oleh *handphone* dapat menyebabkan gangguan kesehatan reproduksi seorang pria melalui efek *non-thermal* dan efek *thermal*. Hal ini sejalan dengan penelitian De Iuliis *et al.* (2009), yang menyatakan bahwa pada efek *non-thermal* didapati RF-EMR (*radiofrequency electromagnetic radiation*) yang berasal dari telepon seluler meningkatkan *reactive oxygen species* (ROS) dalam mitokondria pada spermatozoa manusia. Ketidakseimbangan antara ROS dan antioksidan protektif dapat menyebabkan stres oksidatif. ROS dalam jumlah besar dapat menyebabkan respon patologis yang berakhir dengan kerusakan sel dan jaringan. Spermatozoa sangat mudah untuk mendapat efek kerusakan yang ditimbulkan oleh ROS. Stres oksidatif dapat meningkatkan peroksidasi lipid asam lemak tak jenuh pada membran spermatozoa, ROS juga menyebabkan degenerasi tubulus seminiferus. Peroksidasi dapat merusak integritas membran dengan meningkatkan permeabilitas membran (Almasiova, 2013; Hamada *et al.*, 2011).

Permeabilitas membran yang meningkat dapat menyebabkan penurunan motilitas spermatozoa serta disfungsi sel Leydig dan sel Sertoli. Selain itu, hal ini juga dapat mengakibatkan inaktivasi enzim, kerusakan struktur DNA dengan menstimulasi formasi adduksi dari basis DNA sehingga terjadi fragmentasi DNA dan berujung pada kematian sel sehingga pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan kualitas spermatozoa (Hamada *et al.*, 2011; Walczak-Jedrzejowska *et al.*, 2013).

Efek *thermal* berpengaruh karena peningkatan suhu pada testis dapat mencegah spermatogenesis dengan menyebabkan degenerasi sebagian besar sel-sel tubulus seminiferus selain spermatogonium (Guyton, 2008). Penelitian yang dilakukan oleh Agarwal A. *et al.* (2008), menyatakan bahwa intensitas penggunaan telepon selular yang tinggi memperkuat terjadinya abnormalitas spermatozoa, seperti penurunan jumlah, motilitas, viabilitas dan bentuk sperma normal.



**Gambar 6.** Efek *non-thermal* gelombang elektromagnetik *handphone* (Hamada *et al.*, 2011).

## 2.5 Manggis

### 2.5.1 Taksonomi Tanaman Manggis

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Spermatophyte</i>
Sub-divisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Dicotyledoneae</i>
Ordo	: <i>Guttiferanales</i>
Family	: <i>Guttiferae</i>
Genus	: <i>Garcinia</i>
Spesies	: <i>Garcinia mangostana L.</i>

Manggis (*Garcinia mangostana L.*) merupakan tumbuhan pepohonan, yang memiliki tinggi hingga 15 meter. Mempunyai batang berkayu, bulat, tegak bercabang simodial dan berwarna hijau kotor. Berdaun tunggal, lonjong, ujung runcing, pangkal tumpul tepi rata, pertulangan menyirip, panjang 20-25 cm lebar 6-9 cm, tebal, tangkai silindris hijau. Bunga tunggal, berkelamin dua, diketiak daun. Buah seringkali, bersalut lemak berdiameter 6-8 cm dengan warna coklat keunguan. Biji bulat berdiameter 2 cm, dalam satu buah terdapat 5-7 biji (Emilan, 2011).



**Gambar 7.** Buah manggis (Emilan, 2011)

### **2.5.2 Kandungan Kulit Manggis**

Buah manggis merupakan salah satu komoditas hortikultura Indonesia yang menjadi fokus peningkatan produksi oleh Kementerian Pertanian. Hal ini dapat dilihat dari ekspor buah-buahan Indonesia yang salah satunya didominasi oleh komoditas buah manggis. Pada tahun 2012, kontribusi nilai ekspor manggis terhadap total ekspor 26 jenis buah-buahan nasional adalah sebesar 9,64 %. Laju peningkatan produksi manggis pada periode tahun 2011-2012 pun cukup tinggi, yaitu mencapai 61,82%. Pada tahun 2011 produksi buah manggis sebesar 117.595 ton dan meningkat menjadi 190.294 ton pada tahun 2012 (Wijana *et al.*, 2012).

Manggis sangat bermanfaat untuk kesehatan tubuh karena diketahui mengandung *xanthone* yang tidak ditemukan pada buah-buahan lainnya, kandungan ini bermanfaat sebagai antioksidan, antiproliferatif, antiinflamasi dan antimikrobia. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa

komponen seluruh buah manggis yang paling besar adalah kulitnya, yakni 70-75%, sedangkan daging buahnya hanya 10- 15% dan bijinya 15-20 %. Kandungan *xanthone* tertinggi terdapat dalam kulit buah manggis, yakni 107,76 mg per 100 g kulit buah. *Xanthone* merupakan substansi kimia alami yang tergolong senyawa *polyphenolic*, yang dihasilkan oleh metabolit sekunder. Selain itu, buah manggis juga mengandung katekin, potasium, kalsium, fosfor, besi, vitamin B1, vitamin B2, vitamin B6, dan vitamin C (Yatman, 2012).

**Tabel 1.** Kandungan kulit manggis

<b>Komposisi</b>	<b>Satuan</b>	<b>Nilai</b>
Air	G	70-80
Protein	G	0,5
Lemak	G	0,6
Karbohidrat	G	5,6
Kalsium	Mg	5,7
Fosfor	Mg	9,4
Besi	Mg	0,3
Vitamin B1	Mg	0,06
Vitamin B2	Mg	0,04
Vitamin C	Mg	35
Xanton kulit buah	Mg	107,76
Xanton daging buah	Mg	29,00
Energi	Kkal	63

Sumber : (Yatman, 2012).



### 2.5.3 *Xanthone* dan Derivatnya

Kandungan tertinggi antioksidan pada kulit manggis adalah senyawa *xanthone*. Berdasarkan strukturnya, *xanthone* tergolong senyawa aromatik sederhana, seperti *dibenzofuran*, *dibenzopyran*, dan *griseofulvin*. Ciri golongan ini adalah adanya inti kerangka *dibenzo-g-pyron* yang menunjukkan dekatnya hubungan *xanthone* dengan flavonoid dan *chromomer*, turunan *g-pyron*. Inti *xanthone* bebas berupa kristal jarum tidak berwarna, tapi jarang dijumpai di alam. Sedangkan, yang sering dijumpai adalah bentuk turunan oksigenisasinya, sehingga umumnya *xanthone* yang diisolasi berbentuk kristal jarum berwarna kuning. *Xanthone* dan derivatnya dapat diisolasi dari pericarp kulit buah berupa *3-isomangostin*, *alpha-mangostin*, *betamangostin*, *gamma-mangostin*, *garcinone A*, *garcinone B*, *garcinone C*, *garcinone D*, *maclurin*, dan *mangostenol*. Turunan senyawa *xanthone* yang paling dominan pada kulit manggis adalah *alpha-mangostin* (Permana, 2010; Yatman, 2012).

### 2.5.4 Kulit Manggis Sebagai Antioksidan

Ekstrak kulit buah manggis berpotensi sebagai antioksidan. Hasil penelitian aktivitas antioksidan menunjukkan beberapa ekstrak kulit buah manggis yaitu ekstrak air, etanol 50 dan 95%, serta etil asetat. Metode yang digunakan adalah penangkapan radikal bebas *2,2-difenil-1-pikrilhidrazil*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua ekstrak mempunyai potensi sebagai penangkal radikal bebas, ekstrak air dan etanol

dinilai mempunyai potensi lebih besar. Berkaitan dengan aktivitas antioksidan tersebut, kedua ekstrak tersebut juga mampu menunjukkan aktivitas neuroprotektif pada sel NG108-15. Seiring dengan hasil tersebut, penelitian lainnya memaparkan hasil skrining aktivitas antioksidan dari senyawa-senyawa tersebut, yang menunjukkan aktivitas poten adalah : 8-*hidroksikudraxanton*, *gartanin*, *alpha-mangostin*, *gamma-mangostin* dan *smeathxanton A* (Nugroho, 2007).

Sel hidup dalam tubuh memiliki kerentanan untuk mengalami oksidasi oleh radikal bebas dan *xanthone* memiliki peranan khusus dalam hal ini. radikal peroksil (ROO) akan mengoksidasi *xanthone* dengan cepat, sehingga radikal peroksil itu akan berubah menjadi R-H. Perubahan itu terjadi karena molekul oksigen direduksi oleh *garcinone B* sebagai derivat *xanthone*. Reaksinya dapat menghambat radikal bebas dari berbagai jenis oksigen reaktif dari beberapa contoh radikal bebas, seperti H3C (*carbon-centered*), R, R<sub>2</sub>NO (*nitrogen-centered*), RO, H3COO (*O<sub>2</sub>-centered*), atau ROO, dapat dihilangkan oleh xanton jenis *garcinone B* atau *parvixanton* dalam proses oksidasi (Yatman, 2012).

Penelitian yang dilakukan oleh Hayati *et al.* (2014), menemukan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan pemberian ekstrak kulit manggis dosis 25 dan 50 mg/kgbb/hari terhadap peningkatan spermatogenesis dan kualitas sperma pada mencit yang sebelumnya telah diberikan paparan radikal bebas berupa *2-Methoxyethanol*. Pada penelitian ini digunakan ekstrak kulit manggis dengan dosis 25 mg/KgBb/hari, 50 mg/KgBb/hari, dan 100 mg/KgBb/hari selama 35 hari.

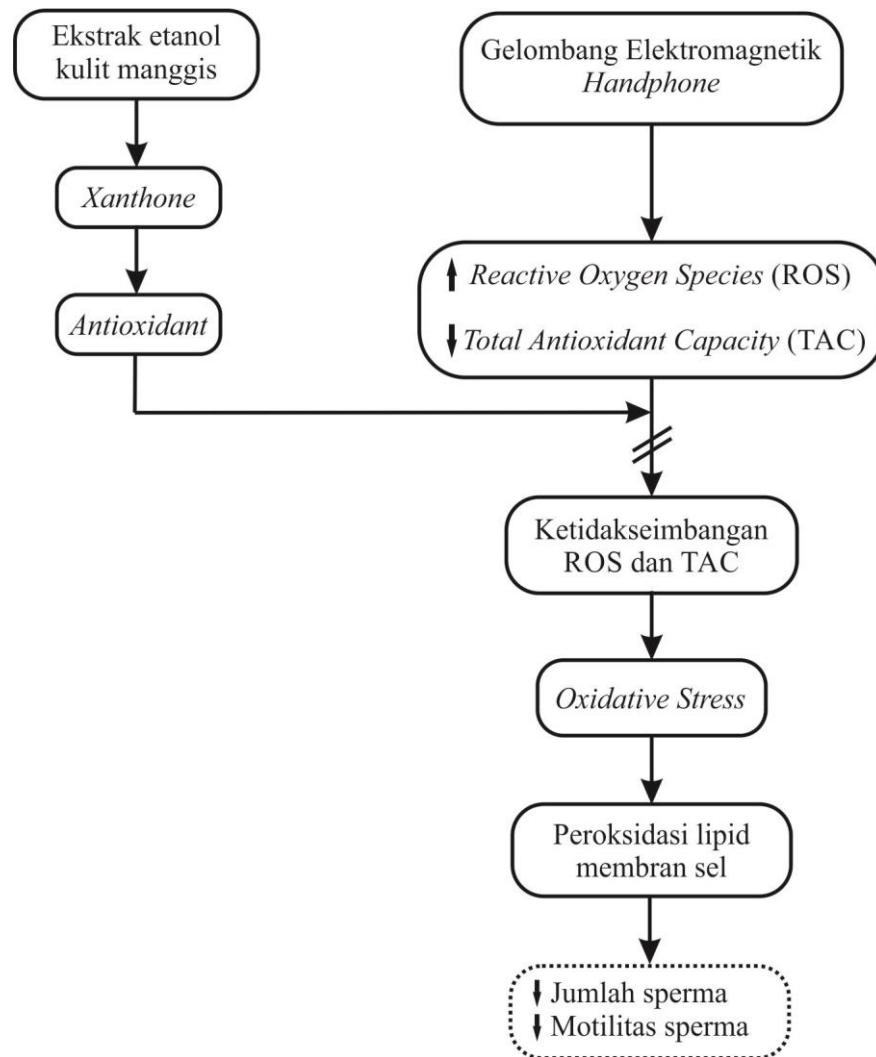
Penelitian lain mengemukakan bahwa ekstrak kulit manggis sebagai antioksidan bermanfaat dalam meningkatkan ekspresi *cAMP Responsive Element Modulator* (CREM) dan *protamine*, menurunkan kadar *malondialdehyde* (MDA) pada organ testis, meningkatkan jumlah dan motilitas spermatozoa, serta menurunkan abnormalitas spermatozoa pada tikus. Penelitian ini menggunakan ekstrak etanol kulit manggis dengan dosis 200 mg/KgBb, 400 mg/KgBb, dan 600 mg/KgBb. Ketiga dosis tersebut, terbukti memberikan pengaruh perbaikan sistem reproduksi pada tikus yang sebelumnya telah diberikan paparan radikal bebas berupa asap rokok (Afrizal *et al*, 2012; Armidha *et al*, 2012; Permatasari *et al*, 2012).

## 2.6 Tikus Putih (*Rattus novergicus*) Galur *Sprague dawley*

Kingdom	: <i>Animalia</i>
Filum	: <i>Chordata</i>
Kelas	: <i>Mamalia</i>
Ordo	: <i>Rodentia</i>
Subordo	: <i>Sciurognathi</i>
Famili	: <i>Muridae</i>
Sub-Famili	: <i>Murinae</i>
Genus	: <i>Rattus</i>
Spesies	: <i>Rattus norvegicus</i>
Galur/Strain	: <i>Sprague dawley</i>

Tikus sering digunakan pada berbagai macam penelitian medis selama bertahun-tahun. Hal ini dikarenakan tikus memiliki karakteristik genetik yang unik, mudah berkembang biak, murah serta mudah untuk mendapatkannya. Tikus merupakan hewan yang melakukan aktivitasnya pada malam hari (*nocturnal*). Bobot badan tikus jantan pada umur dua belas minggu mencapai 240 gram sedangkan betinanya mencapai 200 gram. Tikus memiliki lama hidup berkisar antara 4 – 5 tahun dengan berat badan umum tikus jantan berkisar antara 267 – 500 gram dan betina 225 – 325 gram. Berikut ini adalah taksonomi tikus putih (*Rattus norvegicus*) galur *Sprague dawley* (Adiyati, 2011).

## 2.7 Kerangka Teori

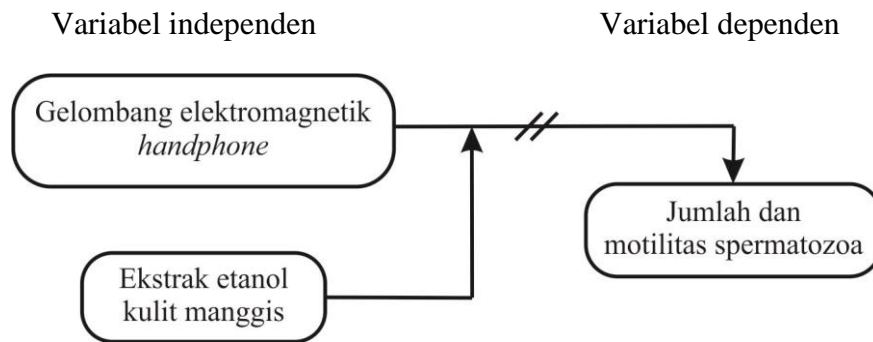


Keterangan :

- ↑ = Peningkatan
- ↓ = Penurunan
- // = Penghambatan
- = Variabel yang diteliti

**Gambar 8.** Kerangka teori

## 2.8 Kerangka Konsep



**Gambar 9.** Kerangka konsep

## 2.9 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Ekstrak etanol kulit manggis memiliki pengaruh meningkatkan jumlah spermatozoa tikus yang diberi paparan gelombang elektromagnetik *handphone* periode kronik.
2. Ekstrak etanol kulit manggis memiliki pengaruh meningkatkan motilitas spermatozoa tikus yang diberi paparan gelombang elektromagnetik *handphone* periode kronik.