

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

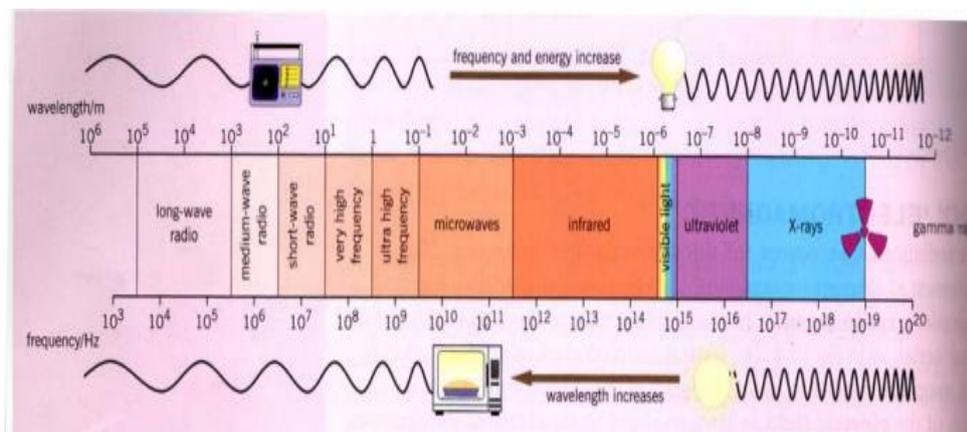
2.1 Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang terbentuk dari usikan medan magnetik dan medan listrik. Medan magnetik dan medan listrik pembentuk gelombang elektromagnetik adalah gelombang transversal, yang arah rambatnya tegak lurus dengan arah getarnya. Radiasi elektromagnetik membawa energi dalam perjalanannya. Energi yang tertangkap oleh sensor dipengaruhi oleh bentuk fisik obyek dan kondisi atmosferik. Gelombang elektromagnetik memiliki 2 komponen pokok, yaitu komponen elektrik dan komponen magnetik (Mather, 2004).

Radiasi elektromagnetik adalah pancaran gelombang yang punya medan listrik dan magnet yang dapat menyebabkan perubahan struktur dalam atom dari bahan yang dilaluinya. Jadi radiasi elektromagnetik adalah radiasi yang tidak memiliki massa, terdiri dari gelombang radio, gelombang mikro, inframerah, gelombang tampak, sinar-X, sinar gamma dan sinar kosmik (Amsyari F, 1998).

Informasi yang diperoleh melalui gelombang elektromagnetik dapat terkodifikasi dalam frekuensi, intensitas atau polarisasi gelombang elektromagnetik tersebut. Informasi diperoleh dari radiasi secara langsung gelombang elektromagnetik dari sumber benda ke sensor melalui bidang bebas, atau radiasi tidak langsung melalui pantulan, penghamburan, atau radiasi ulang menuju sensor (Elachi & Zyl, 2006).

Spektrum gelombang elektromagnetik yang kita ketahui mencakup rentang frekuensi yang lebar. Gelombang radio, sinyal televisi, sinar radar, cahaya tak terlihat, sinar-x dan sinar gamma merupakan contoh-contoh gelombang elektromagnetik. Dalam ruang hampa, gelombang ini semuanya merambat dengan kecepatan yang sama, 3×10^8 m/s (Swamardika, 2009).



Gambar 1. Spektrum Gelombang Elektromagnetik (Abdullah,2006)

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 sampai Ev. Potensi gangguan kesehatan antara lain ditentukan energi per foton yang dihasilkan oleh radiasi elektromagnetik tersebut (Anies, 2007).

Gelombang elektromagnetik juga dapat diklasifikasikan berdasarkan frekuensinya. Berikut ini adalah spektrum gelombang elektromagnetik jika dilihat dari frekuensinya :

- a. Sinar gamma $10^{19} - 10^{25}$ Hz
- b. Sinar-x $10^{16} - 10^{20}$ Hz
- c. Sinar ultraviolet $10^{15} - 10^{18}$ Hz
- d. Sinar tampak $4 \times 10^{14} - 7,5 \times 10^{14}$ Hz
- e. Sinar infra merah $10^{11} - 10^{14}$ Hz
- f. Gelombang mikro $10^8 - 10^{12}$ Hz ($10^2 - 10^6$ MHz)
- g. Gelombang radio $10^4 - 10^8$ Hz (Mahardika, 2005).

Radiasi radio frekuensi secara arbiter didefinisikan sebagai radiasi elektromagnetik dalam kisaran frekuensi 0,3-30 Mhz, sementara definisi arbiter dari mikro gelombang mencakup radiasi elektromagnetik yang frekuensinya berkisar dari 30 Mhz-300 Ghz. Studi pada hewan menunjukkan bahwa radiasi mikrogelombang dalam fekuensi yang

berkisar dari 200-24.000 Mhz bersifat mematikan, jika produk intensitas penyinaran dan waktu penyinaran cukup besar untuk meningkatkan suhu tubuh melampaui kemampuan homeostatik tubuh ($>5^{\circ}\text{C}$). Misal, tikus yang dipapar dengan radiasi 3000 Mhz pada densitas daya 300 Mw/cm^2 akan mengalami peningkatan suhu sebesar $8-10^{\circ}\text{C}$ dan akan mati setelah paparan selama 15 menit (Riyadina, 1997).

2.2 Efek Paparan Gelombang Elektromagnetik

Menurut EP (*United Nations Environmental Programme*), WHO (*World Health Organization*) dan IRPA pada tahun 1987 mengeluarkan pernyataan tentang nilai rapat arus induksi dengan efek-efek biologisnya yang ditimbulkan oleh pajanan pada seluruh tubuh manusia:

- a. $1 - 10 \text{ Ma/m}^2$, tidak menimbulkan efek biologis berarti.
- b. $10 - 100 \text{ Ma/m}^2$, menimbulkan efek biologis yang berarti, termasuk efek pada sistem penglihatan dan saraf.
- c. $100 - 1000 \text{ Ma/m}^2$, menimbulkan stimulasi pada jaringan-jaringan yang dapat dirangsang dan berbahaya bagi kesehatan.
- d. $> 1000 \text{ Ma/m}^2$, dapat menimbulkan gangguan pada jantung, berupa irama ekstrasistole dan fibrilasi ventrikular.

Secara umum, potensi gangguan kesehatan akibat radiasi elektromagnetik pada manusia, berupa:

1. efek jangka panjang, berupa potensi proses degeneratif dan keganasan (kanker).
2. efek hipersensitivitas, dengan berbagai manifestasinya. Potensi terjadinya proses degeneratif dan keganasan tergantung batas pajanan medan listrik dan medan magnet dalam satuan waktu. Sedangkan efek hipersensitivitas tidak harus tergantung pada batas pajanan (Anies, 2007).

Stres oksidatif merupakan suatu kondisi ketidakseimbangan antara produksi radikal bebas atau *Reactive oxygen species* (ROS) dengan antioksidan, di mana kadar radikal bebas lebih tinggi dibandingkan antioksidan (Kurkcu *et al.*, 2010). Jika terjadi paparan secara terus menerus salah satunya dapat menyebabkan stres. Pada keadaan stres, sistem saraf sensorik membawa rangsangan ke sistem saraf pusat sampai sistem limbik. Di sistem limbik rangsangan diteruskan ke hipotalamus. Hipotalamus akan mengirimkan perintah ke kelenjar pituitari untuk melepaskan *Adrenocorticotropic Hormone* (ACTH). Hormon ini ACTH merangsang korteks adrenal, merangsang pembuatan kortikosteroid untuk mensekresi hormon glukokortikoid, salah satunya adalah hormon kortisol. Hormon kortisol ini berperan pada metabolisme lipid dan protein di dalam hati. Lipid dan protein diubah menjadi glukosa dan dilepas di sirkulasi darah. Ketika terjadi peningkatan produksi hormon kortisol, kemungkinan

dapat menyebabkan terjadinya peradangan pada seluruh organ tubuh, salah satunya adalah hati (Yahya, 2003). Peradangan atau kerusakan sel hati pada umumnya ditunjukkan dengan peningkatan enzim transaminase, salah satunya adalah *Serum Glutamic Oxaloasetic Transaminase* (SGOT). Enzim pelaku detoksifikasi pada hati menyebabkan enzim tersebut yakni SGOT, dapat digunakan sebagai parameter kerusakan hati. Dua macam enzim aminotransferase yang sering digunakan dalam diagnosis klinik kerusakan sel hati adalah SGOT (Murray *et al.*, 2003).

Hampir semua jenis stres akan meningkatkan sekresi ACTH oleh kelenjar hipofise anterior. ACTH merangsang korteks adrenal untuk mengeluarkan kortisol. Kortisol ini yang akan meningkatkan pembentukan glukosa (Guyton dan Hall, 1997). Glukoneogenesis merupakan istilah yang digunakan untuk semua mekanisme dan lintasan yang bertanggung jawab atas perubahan senyawa non karbohidrat menjadi glukosa atau glikogen. Proses ini memenuhi kebutuhan tubuh atas glukosa pada saat karbohidrat tidak tersedia dengan jumlah yang cukup di dalam makanan. Substrat utama bagi glukoneogenesis adalah asam amino glukogenik, laktat, gliserol, dan propionat. Hepar dan ginjal merupakan jaringan utama yang terlibat karena kedua organ tersebut mengandung komplemen lengkap enzim-enzim yang diperlukan (Murray *et al.*, 2003).

Rangsangan stres akan mengaktifkan seluruh sistem dan menyebabkan pelepasan kortisol secara cepat. Kortisol ini selanjutnya akan menginduksi

suatu rangkaian efek metabolisme untuk mengurangi efek pengerusakan dari stres. Stres yang terjadi secara terus menerus akan mempengaruhi sistem hormonal yang berperan dalam proses metabolisme, peradangan dan kekebalan tubuh (Guyton dan Hall, 2007).

2.3 Handphone (Ponsel)

Kata telepon berasal dari kata *tele* dan *phone* yang berarti 'jauh' dan 'bunyi'. Melalui pesawat telepon di samping mendengar, tentu orang juga berbicara. Pesawat telepon merupakan simbol suatu prestasi sebuah peradaban manusia, karena beberapa saat yang lalu, manusia masih mengalami kesulitan untuk berkomunikasi secara langsung dalam jarak yang jauh. Sebagai alat komunikasi, pesawat telepon mempermudah saling komunikasi antar individu pada tempat yang berlainan dan berjauhan (Teguh, 2004).

Telepon seluler adalah merupakan salah satu aplikasi penggunaan teknologi telekomunikasi nirkabel atau *wireless telecommunication* yang bersifat portable. Istilah *cellular* sendiri didasarkan pada penggunaan stasiun yang memiliki banyak pemancar untuk mengcover area dan memindahkan signal telepon secara berantai yang disebut "*cell*" (Sosiawan 1990). Penggunaan yang demikian luas dari ponsel tersebut disertai dengan perdebatan di masyarakat mengenai kemungkinan bahayanya bagi kesehatan manusia. Kekhawatiran ini timbul sehubungan

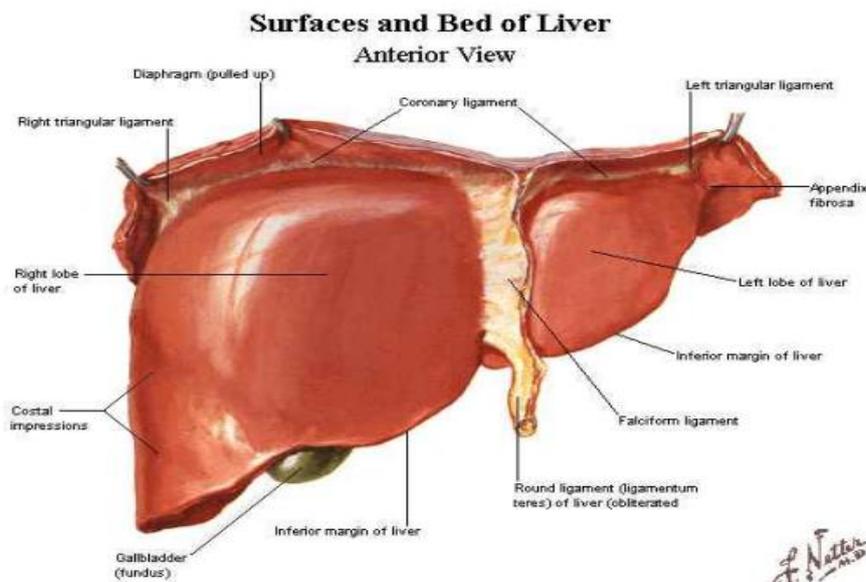
dengan emisi radiasi frekuensi gelombang radio (RF) dari ponsel (*headsetnya*) dan radiasi dari stasiun bumi (*base station*) yang menerima dan memancarkan sinyal. Untuk masyarakat luas tingkat pemajanan (*levels of exposure*) yang ditimbulkan pada ponsel yang dipegang dekat kepala atau tempat lain dibadan lebih besar dibandingkan pemajanan seluruh badan akibat radiasi stasiun bumi (Maskito, 2000).

Ponsel atau bisa juga disebut *handphone* (telepon genggam atau telepon seluler) merupakan telepon yang termasuk dalam sambungan telepon bergerak. Di mana, yang menghubungkan antara sesama ponsel tersebut adalah gelombang-gelombang radio yang dilewatkan dari pesawat ke BTS (*Base Tranceiver Station*) dan MSC (*Mobile Switching Center*) yang bertebaran di sepanjang jalur perhubungan kemudian diteruskan ke pesawat yang dipanggil (Fajrin 2013).

Pengukur energi radio frekuensi atau RF yang diserap oleh jaringan tubuh pengguna ponsel bisa dinyatakan sebagai units of watts perkilogram (W/kg). Batas SAR yang ditetapkan oleh ICNIRP adalah 2.0W/kg (watts per kilogram). Sementara *The Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) juga telah menetapkan sebuah standart baru yang digunakan oleh negara Amerika dan negara lain termasuk Indonesia adalah dengan menggunakan batas 1.6W/kg (Swarmadika, 2009).

2.4 Anatomi Hepar

Hepar merupakan kelenjar yang terbesar dalam tubuh manusia. Hepar pada manusia terletak pada bagian atas *cavum abdominis*, di bawah diafragma, di kedua sisi kuadran atas, yang sebagian besar terdapat pada sebelah kanan. Beratnya 1200–1600 gram. Permukaan atas terletak bersentuhan di bawah diafragma, permukaan bawah terletak bersentuhan di atas organ-organ abdomen. Hepar difiksasi secara erat oleh tekanan intra abdominal dan dibungkus oleh peritoneum kecuali di daerah posterior-superior yang berdekatan dengan *v.cava inferior* dan mengadakan kontak langsung dengan diafragma. Bagian yang tidak diliputi oleh peritoneum disebut *bare area*. Terdapat refleksi peritoneum dari dinding abdomen anterior, diafragma dan organ-organ abdomen ke hepar berupa ligamen.



Gambar 2. Anatomi hepar (Netter, 2006)

Macam-macam ligamen pada hepar:

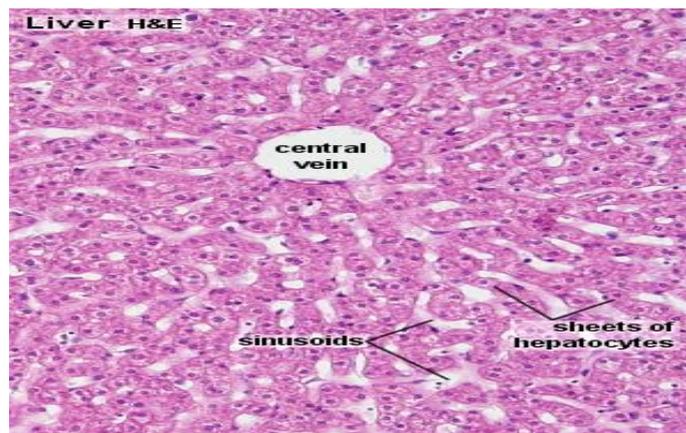
1. *Ligamentum falciformis* : menghubungkan hepar ke dinding anterior abdomen dan terletak diantara umbilicus dan diafragma.
2. *Ligamentum teres hepatis (round ligament)* : merupakan bagian bawah *ligamentum falciformis*, merupakan sisa-sisa peninggalan *v.umbilicalis* yang telah menetap.
3. *Ligamentum gastrohepatica* dan *ligamentum hepatoduodenalis* : merupakan bagian dari *omentum minus* yg terbentang dari *curvatura minor* lambung dan duodenum sebelah proksimal ke hepar. Di dalam ligamentum ini terdapat *Aa.hepatica*, *v.porta* dan *duct.choledocus communis*. Ligamen hepatoduodenale turut membentuk tepi anterior dari *Foramen Wislow*.
4. *Ligamentum coronaria anterior* kiri–kanan dan *ligamentum coronaria posterior* kiri-kanan : merupakan refleksi peritoneum terbentang dari diafragma ke hepar.
5. *Ligamentum triangularis* kiri-kanan : merupakan fusi dari *ligamentum coronaria anterior* dan posterior dan tepi lateral kiri kanan dari hepar.

2.5 Mikroskopis Hepar

Hepar dibungkus oleh kapsul yang tebal, terdiri dari serabut kolagen dan jaringan elastis yg disebut kapsul Glisson. Sampai ini akan masuk ke dalam parenkim hepar mengikuti pembuluh darah getah bening dan duktus biliaris. Parenkim hepar seperti spons yang terdiri dari sel-sel yang disusun

di dalam lempengan-lempengan atau plate dimana akan masuk ke dalamnya sistem pembuluh kapiler yang disebut sinusoid. Sinusoid-sinusoid tersebut berbeda dengan kapiler-kapiler di bagian tubuh yang lain, oleh karena lapisan endotel yang meliputinya terdiri dari sel-sel fagosit yang disebut *sel Kupfer*. *Sel Kupfer* lebih permeabel yang artinya mudah dilalui oleh sel-sel makro dibandingkan kapiler-kapiler yang lain. Lempengan sel-sel hepar tersebut tebalnya 1 sel dan punya hubungan erat dengan sinusoid (Johnson, 2011).

Parenkim tersusun dalam lobuli-lobuli. Di tengah-tengah lobuli terdapat 1 vena sentralis yang merupakan cabang dari vena-vena hepatica (vena yang menyalurkan darah keluar dari hepar). Di bagian tepi di antara lobuli-lobuli terhadap tumpukan jaringan ikat yang disebut traktus portalis atau TRIAD yaitu traktus portalis yang mengandung cabang-cabang *v.porta*, *A.hepatika*, *ductus biliaris*. Cabang dari *vena porta* dan *a.hepatika* akan mengeluarkan isinya langsung ke dalam sinusoid setelah banyak percabangan sistem bilier dimulai dari *canaliculi biliaris* yang halus yang terletak di antara sel-sel hepar dan bahkan turut membentuk dinding sel. *Canaliculi* akan mengeluarkan isinya ke dalam intralobularis, dibawa ke dalam empedu yang lebih besar, air keluar dari saluran empedu menuju kandung empedu (Junqueira *et.al.*, 1992).



Gambar 3. Struktur Histologis hepar (Junqueira *et.al.*, 1992).

2.6 Serum Glutamat Oksaloasetat Transaminase dan Serum Glutamat Piruvat Transaminase

Beberapa transaminase yang paling penting yang dinamakan sesuai dengan molekul pemberi aminonya adalah:

1) Serum Glutamat Piruvat Transaminase (SGPT)

Enzim yang banyak ditemukan pada organ hepar terutama pada mitokondria. SGPT memiliki fungsi yang sangat penting dalam pengiriman karbon dan nitrogen dari otot ke hati. Dalam otot rangka, piruvat ditransaminasi menjadi alanin sehingga menghasilkan penambahan rute transport nitrogen dari otot ke hati.

2) Serum Glutamat Oksaloasetat Transaminase (SGOT)

Merupakan enzim yang banyak ditemukan pada organ hepar terutama pada sitosol. SGOT diperlukan oleh tubuh untuk mengurangi kelebihan amonia (Miler, 2005).

Golongan *transaminase* ini secara normal dapat ditemukan pada serum dalam konsentrasi yang rendah yaitu kurang dari 30-40 U/L. Dengan adanya peranan yang cukup penting dari jenis enzim ini utamanya dalam organ hepar, maka kemudian digunakan dalam pemeriksaan laboratorium untuk mendeteksi adanya kelainan fungsi hati. Jika terjadi peningkatan SGOT dalam darah, maka dapat diduga bahwa telah terjadi kelainan pada hati (Handoko, 2003).

Seperti yang telah dijelaskan di atas bahwa SGOT yang sekarang lebih dikenal dengan *Aspartat Transaminase* (AST) merupakan enzim yang banyak terdapat dalam organ hati. Karena itu peningkatan kadar enzim ini pada serum dapat dijadikan indikasi terjadinya kerusakan jaringan yang akut. Ketika terjadi kerusakan pada hati, maka sel-sel hepatositnya akan lebih permeabel sehingga enzim ini bocor ke dalam pembuluh darah sehingga menyebabkan kadarnya meningkat pada serum. Nilai normal SGOT pada perempuan adalah kurang dari 31 U/L dan pada laki-laki kurang dari 35 U/L (Schumann, 2002).

Serum Glutamat Piruvat Transaminase paling banyak ditemukan dalam hati, sehingga untuk mendeteksi penyakit hati, SGPT dianggap lebih spesifik dibanding SGOT. Peningkatan kadar SGOT dan SGPT akan terjadi jika adanya pelepasan enzim secara intraseluler ke dalam darah yang disebabkan nekrosis sel-sel hati atau adanya kerusakan hati (Wibowo, *et al.*, 2008).

Selain itu kenaikan SGOT bisa bermakna kelainan non hepatic atau kelainan hati yang didominasi kerusakan mitokondria. Hal ini terjadi karena SGOT berada dalam sitosol dan mitokondria. Selain di hati, SGOT terdapat juga di jantung, otot rangka, otak dan ginjal. Peningkatan kedua enzim selular ini terjadi akibat pelepasan ke dalam serum ketika jaringan mengalami kerusakan. Pada kerusakan hati yang disebabkan oleh keracunan atau infeksi, kenaikan aktivitas SGOT dan SGPT dapat mencapai 20-100x harga batas normal tertinggi. Umumnya pada kerusakan hati yang menonjol ialah kenaikan aktivitas SGPT (Sadikin, 2002).

Adanya akumulasi metabolit – metabolit dalam tubuh akan menyebabkan stres oksidatif. Stres oksidatif adalah kondisi gangguan keseimbangan antara produksi radikal bebas dan antioksidan yang berpotensi menimbulkan kerusakan. Produksi radikal bebas yang tidak seimbang, akan menyebabkan kerusakan makromolekul termasuk protein, lipid dan DNA (Atessahin *et al.*, 2005).

Perusakan sel oleh radikal bebas reaktif didahului oleh kerusakan membran sel antara lain mengubah fluiditas, struktur dan fungsi membran sel. Adanya ketidakseimbangan antara produksi radikal bebas (senyawa oksigen reaktif) dengan kemampuan pertukaran antioksidan akan menimbulkan *oxidative stress*, yang dapat menimbulkan kerusakan sel sehingga terjadi peningkatan kadar SGOT dan SGPT (Jawi *et al.*, 2007).

Ketika sel hati mengalami kerusakan, enzim tersebut berada dalam darah, sehingga dapat diukur kadarnya. Hal ini disebabkan karena kerusakan pada struktur dan fungsi membran sel hati. Apabila kerusakan yang timbul oleh radang hati hanya kecil, kadar SGPT lebih dini dan lebih cepat meningkat dari kadar SGOT (Widmann, 1995).

2.7 Buah manggis (*Garcinia mangostana* Linn.)

Manggis (*Garcinia mangostana* Linn.) merupakan tumbuhan yang berasal dari daerah Asia Tenggara meliputi Indonesia, Malaysia, Thailand dan Myanmar. Manggis merupakan tumbuhan fungsional karena sebagian besar dari tumbuhan tersebut dapat dimanfaatkan sebagai obat. Diluar negeri manggis dijuluki sebagai “*Queen of the Tropical Fruits*” yang merupakan refleksi perpaduan dari rasa asam manis yang tidak di punyai oleh komoditas buah lainnya. (Jose Pedraza *et al.* , 2008).

2.7.1 Klasifikasi Botani

Kingdom : Plantae

Divisi : Spermatophyt

SubDivisi : Angiospermae

Kelas : Dicotyledonae

Keluarga : Guttiferae

Genus : *Garcinia*

Spesies : *Garcinia mangostana* Linn (Bahri *et al.*, 2012).

2.7.2 Morfologi

Buah manggis (*Garcinia mangostana* Linn.) adalah buah musiman dengan kulitnya berwarna ungu tua karena mengandung banyak antosianin dan isi berwarna putih. Dalam satu buah terdapat 5-6 daging buah. Mempunyai 1-3 biji, selaput biji tebal berair, putih serta dapat dimakan. Pohon selalu hijau, tinggi 6-20 m. Batang tegak, batang pokok jelas, kulit batang coklat, memiliki getah kuning. Daun tunggal, duduk daun berhadapan atau bersilang berhadapan, helaian; mengkilat dipermukaan, permukaan atas hijau gelap permukaan bawah hijau terang, bentuk elips memanjang, 12-23 x 4,5-10 cm, tangkai 1,5-2 cm. Bunga betina 1-3 di ujung batang, susunan menggarpu, garis tengah 5-6 cm. Kelopak daun kelopak, dua daun kelopak yang terluar hijau kuning, 2 yang terdalam lebih kecil, bertepi merah, melengkung kuat, tumpul. Mahkota terdiri dari 4 daun mahkota, bentuk telur terbalik, berdaging tebal, hijau kuning, tepi merah atau hampir semua merah. Bakal buah beruang 4-8, kepala putik berjari-jari 4-6. Buah berbentuk bola tertekan, garis tengah 3,5-7 cm, ungu tua, dengan kepala putik duduk (tetap), kelopak tetap, dinding buah tebal,

berdaging, ungu, dengan getah kuning. Pohon manggis mempunyai akar serabut (Hariana A, 2013).



Gambar 4. *Garcinia mangostana* Linn (Bahri *et al.*, 2012)

2.7.3 Kandungan senyawa

Buah manggis juga mengandung mineral yang bermanfaat bagi tubuh. Kandungan mineral buah manggis di antaranya adalah; Na 1,1 mg/100 g, K 101,3 mg/100 g, Mg 13,2 mg/100 g, Ca 12,3 mg/100 g, Fe 512,6 µg/100 g, Mn 112,6 µg/100 g, Zn 31,6 µg/100 g dan Cu 8.7 µg/100 g berat basah (Haruenkit *et al.*, 2007). Ekstrak kulit buah manggis juga diketahui relatif aman.

Chivapat *et al.* (2011) meneliti pemberian ekstrak etanol kulit buah manggis dengan dosis 0 ; 10; 100 ; 500, dan 1000mg/kgbb/hari selama enam bulan pada tikus Wistar menyimpulkan bahwa, walaupun pemakain dosis sampai 1000mg/kg bb selama enam

bulan tidak menunjukkan tanda-tanda farmakotoksik dan abnormalitas yang jelas, namun demikian pemakaian dosis 500 mg/kg bb dalam waktu lama tidak disarankan karena menyebabkan peningkatan alanine transaminase, *blood urea nitrogen* dan creatinin yang merupakan indikasi terjadinya gangguan fungsi hati dan ginjal.

Sifat antioksidan kulit buah manggis dikaitkan dengan adanya bahan aktif terutama dari kulit buah. Bahan aktif yang telah berhasil diidentifikasi dari kulit buah manggis berupa sejumlah besar senyawa *xanthone*, di antaranya adalah *8-hydroxycudraxanthone G*, *mangostingone [7-methoxy-2-(3-methyl-2-butenyl)-8-(3-methyl-2-oxo-3-butenyl)-1,3,6-trihydroxyxanthone*, *cudraxanthone G*, *8-deoxygartanin*, *garcimangosone B*, *garcinone D*, *garcinone E*, *gartanin*, *1-isomangostin*, *α-mangostin*, *γ-mangostin*, *mangostinone*, *smeathxanthone A*, dan *tovophyllin A*. Di antara senyawa *xanthone*, *α-mangostin* dan *γ-mangostin* merupakan komponen terbesar. Uji aktivitas antioksidan dengan menggunakan peroksinitrit sebagai radikal bebas diketahui bahwa *8-hydroxycudraxanthone G*, *gartanin*, *α-mangostin*, *γ-mangostin* dan *smeathxanthone A* merupakan komponen yang memiliki aktivitas antioksidan terbesar (Jung *et al.*, 2006).

Antioksidan merupakan senyawa yang mampu menangkal atau meredam dampak negatif oksidan dalam tubuh dengan cara mendonorkan satu elektronnya kepada senyawa yang bersifat oksidan sehingga aktivitasnya bisa dihambat (Winarsi, 2007).

Weecharangsan *et al.* (2006) mempelajari sifat antioksidan dan neuroprotektif dari empat jenis ekstrak kulit buah manggis (ekstrak air, ethanol 50%, ethanol 95%, dan *ethyl acetate*). Kapasitas antioksidan tersebut diuji dengan metode DPPH dengan konsentrasi 1; 10; 50 and 100 $\mu\text{g/mL}$ pada masing-masing ekstrak. Ekstrak air dan ethanol 50% menunjukkan kapasitas antioksidan paling tinggi yaitu dengan IC_{50} masing-masing 34,98 dan 30,76 $\mu\text{g/mL}$. Kapasitas antioksidan ekstrak tersebut kemudian diuji pada sel neuroblastoma (NG108-15) yang terpapar hidrogen peroksida (H_2O_2), kedua ekstrak tersebut (ekstrak air dan ethanol 50%) menunjukkan kemampuan sebagai neuroprotektif pada konsentrasi 50 $\mu\text{g/mL}$, dan ekstrak ethanol 50 % mempunyai kemampuan lebih tinggi dibandingkan dengan ekstrak air.

Penelitian tentang toksisitas ekstrak 95% ethanol kulit buah manggis pada tikus Sprague-Dawley, baik dosis akut (dosis 2, 3, dan 5 g/kg bb) maupun dosis subakut (dosis 0, 30, 50, 500, dan 1000 mg/kg bb selama 28 hari) tidak menunjukkan mortalitas maupun tanda-tanda abnormalitas klinis organ paru, jantung, hati,

limfa, adrenal, ginjal, testis dan ovarium, maupun parameter biokimia lainnya (Jujun *et al.*, 2008).

2.8 Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) galur *Sprague dawley*

Klasifikasi tikus putih (*R. norvegicus*) menurut Myres & Armitage (2004):

Kingdom : Animalia

Filum : Chordata

Kelas : Mamalia

Ordo : Rodentia

Subordo : Sciurognathi

Famili : Muridae

Sub-Famili : Murinae

Genus : *Rattus*

Spesies : *Rattus norvegicus*

Galur/Strain : *Sprague dawley*.

Tikus putih (*R. norvegicus*) yang memiliki nama lain Norway rat, termasuk ke dalam hewan mamalia yang memiliki ekor panjang. Ciri-ciri galur ini yaitu bertubuh panjang dengan kepala lebih sempit. Telinga tikus ini tebal dan pendek dengan rambut halus. Mata tikus putih berwarna merah. Ciri yang paling terlihat adalah ekornya yang panjang. 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 (Sirois 2005).

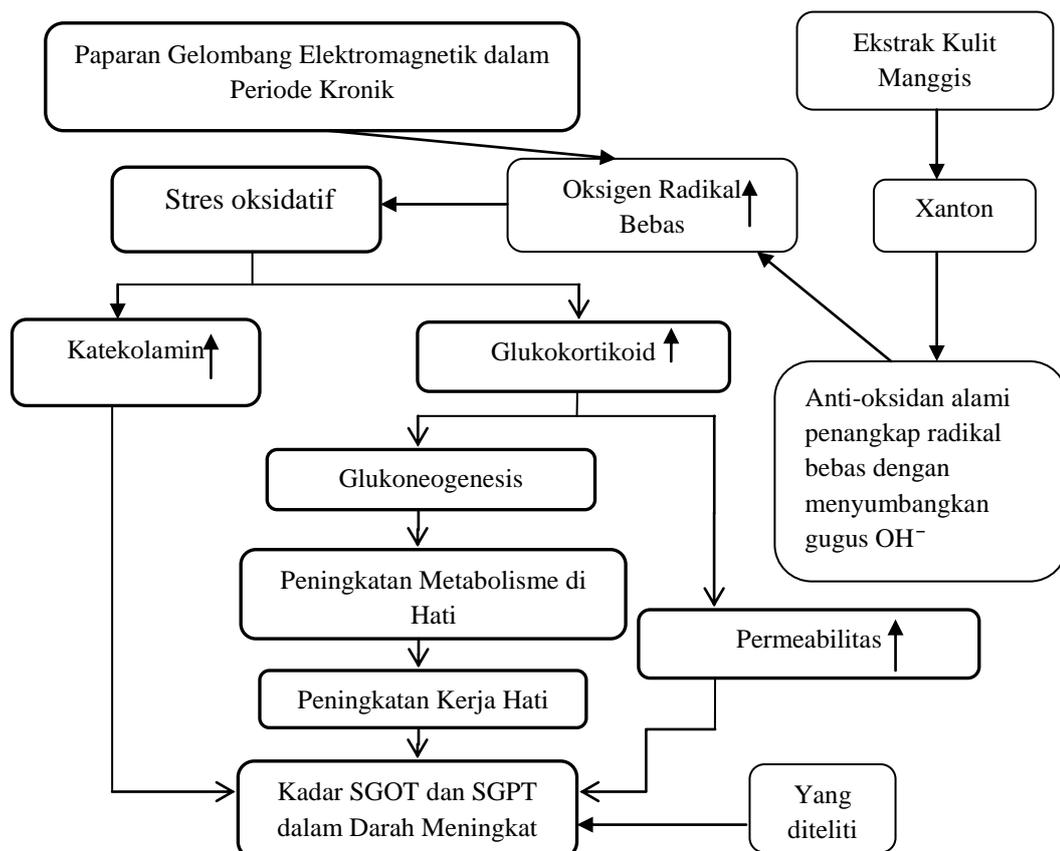
Tikus putih (*Rattus norvegicus*) merupakan hewan pengerat dan sering digunakan sebagai hewan percobaan atau digunakan untuk penelitian, dikarenakan tikus merupakan hewan yang mewakili dari kelas mamalia, sehingga kelengkapan organ, kebutuhan nutrisi, metabolisme biokimianya, sistem reproduksi, pernafasan, peredaran darah dan ekskresi menyerupai manusia. Keuntungan utama tikus putih (*Rattus norvegicus*) galur *Sprague dawley* adalah ketenangan dan kemudahan penanganannya (Isroi, 2010).



Gambar 5. Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) Galur *Sprague dawley* (Akbar, 2010)

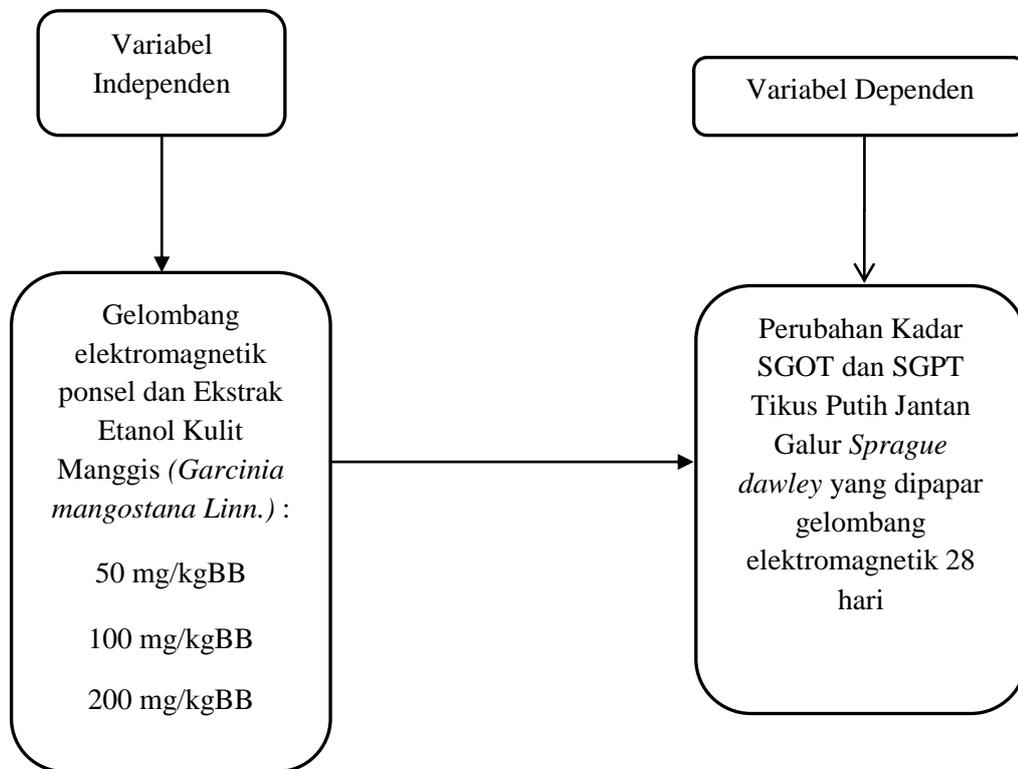
2.9 Kerangka Teori

Setelah dilakukan tinjauan pustaka, maka didapatkan kerangka teori bahwa paparan gelombang elektromagnetik dapat mempengaruhi peningkatan dari stres oksidatif. Adanya ketidakseimbangan antara produksi radikal bebas (senyawa oksigen reaktif) dengan kemampuan pertukaran antioksidan akan menimbulkan *oxidative stress*, yang dapat menimbulkan kerusakan sel sehingga terjadi peningkatan kadar SGOT dan SGPT (Jawi *et al.*, 2007). Dimana stres diketahui mengubah beberapa tingkat enzim serum tersebut. Manggis mengandung senyawa antioksidan yang cukup tinggi. Berbeda dengan buah-buahan lainnya, keunggulan buah manggis terletak pada kulit buahnya (Hasyim & Iswari, 2008)



Gambar 6. Kerangka Teori

2.10 Kerangka Konsep



Gambar 7. Kerangka teori

2.11 Hipotesis

Berdasarkan pendapat diatas, peneliti merumuskan hipotesa sebagai berikut:

Ekstrak etanol kulit manggis (*Garcinia mangostana* Linn.) dapat menurunkan kadar SGOT dan SGPT tikus putih jantan (*Rattus norvegicus*) jantan galur *Sprague dawley* yang diinduksi gelombang elektromagnetik selama 28 hari.