

repository.ub.ac.id

**Pengaruh Pemberian Antioksidan Ekstrak Kulit Manggis
(*Garcinia mangostana L.*) terhadap Gambaran Histologi
Kerusakan Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) yang
Terpapar Radiasi Gelombang Elektromagnetik Telepon
Seluler**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

Oleh:

**ANGGI MASELA
145090307111006**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**



Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

**Pengaruh Pemberian Antioksidan Ekstrak Kulit Manggis
(*Garcinia mangostana L.*) terhadap Gambaran Histologi
Kerusakan Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) yang
Terpapar Radiasi Gelombang Elektromagnetik Telepon
Seluler**

Oleh:

**ANGGI MASELA
145090307111006**

Setelah dipertahankan didepan Majelis Penguji
Pada tanggal **28 DEC 2018**
dan dinyatakan memenuhi syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

Pembimbing I

Drs. Unggul P Juswono, M.Sc
NIP 196501111990021002

Pembimbing II

Dra. Lailatin Nuriyah, M.Si
NIP 195606171986022001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya



Prof. Dr. nat. Muhammad Nurhuda
NIP. 196409101990021001



Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Anggi Masela
NIM : 145090307111006
Jurusan : Fisika

Penulisan Tugas Akhir berjudul:

Pengaruh Pemberian Antioksidan Ekstrak Kulit Manggis (*Garcinia mangostana L.*) terhadap Gambaran Histologi Kerusakan Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) yang Terpapar Radiasi Gelombang Elektromagnetik Telepon Seluler

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Keseluruhan isi dari laporan tugas akhir adalah hasil karya sendiri dan bukan hasil menjiplak karya orang lain. Penulis buku maupun jurnal yang tercantum pada bagian Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Metodologi, Hasil dan Pembahasan serta daftar pustaka laporan Tugas Akhir ini semata-mata hanya digunakan sebagai acuan atau referensi.
2. Apabila dikemudian hari ternyata laporan Tugas akhir ini terbukti secara sah melakukan tindakan plagiarism ataupun melanggar aturan yang ada, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko akibat pelanggaran tersebut.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan seungguhnya dan dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Malang, 28 Desember 2018

Penulis

(ANGGI MASELA)
NIM 145090307111006



Halaman ini sengaja dikosongkan

repository.ub.ac.id

Pengaruh Pemberian Antioksidan Ekstrak Kulit Manggis (*Garcinia mangostana L.*) terhadap Gambaran Histologi Kerusakan Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) yang Terpapar Radiasi Gelombang Elektromagnetik Telepon Seluler

ABSTRAK

Teknologi dalam satu dekade terakhir mengalami perkembangan yang pesat. Telepon seluler adalah salah satu bentuk dari inovasi alat komunikasi yang populer di berbagai kalangan. Namun penggunaan yang berlebihan dapat berdampak buruk bagi tubuh. Gelombang elektromagnetik yang dihasilkan oleh telepon seluler dapat memicu perubahan keseimbangan radikal bebas yang bisa merusak organ tubuh seperti organ hati. Untuk menangkal efek radikal bebas akibat radiasi, diperlukan senyawa yaitu antioksidan yang dapat ditemukan secara alami pada buah manggis. Penelitian ini menggunakan metode skoring untuk mengetahui pengaruh variasi lama paparan radiasi yang ditimbulkan oleh telepon seluler serta pengaruh pemberian antioksidan ekstrak kulit manggis terhadap gambaran histologi organ hati mencit (*Mus Musculus*). Dengan sumber radiasi terdiri dari 4 buah telepon seluler berbasis android. Dengan variasi waktu paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit dan 75 menit serta dengan penggunaan variasi dosis sebesar 4,72 mg, 5,22 mg, 5,72 mg, 6,22 mg dan 6,72 mg. Sehingga dapat diketahui pengaruh paparan radiasi gelombang elektromagnetik telepon seluler terhadap organ hati serta pengaruh pemberian dosis antioksidan ekstrak kulit manggis (*Garcinia mangostana L.*).

Kata kunci : telepon seluler, gelombang elektromagnetik, radiasi, antioksidan, mencit (*Mus musculus*), ekstrak kulit manggis (*Garcinia mangostana L.*).



repository.ub.ac.id

Effect of Antioxidant Extract of Mangosteen Peel (*Garcinia mangostana L*) on Histology of Liver Organ Damage from Mice (*Mus musculus*) Exposed to Radiation of Electromagnetic Waves of Mobile Phone

ABSTRACT

Technology in the past decade has experienced rapid development. Cellular phones are one form of innovation in communication devices that are popular in various circles. But excessive use can have a negative impact on the body. Electromagnetic waves produced by cellular phones can trigger changes in the balance of free radicals that can damage organs such as the liver. To counteract the effects of free radicals due to radiation, it takes compounds that are antioxidants that can be found naturally in the mangosteen fruit. This study uses a scoring method to determine the effect of long variations of radiation exposure caused by cellular telephones as well as the effect of antioxidant extract of mangosteen peel on the histology of mice (*Mus Musculus*) liver. The radiation source consists of 4 android-based cellphones. With a variation of 15 minutes exposure time, 30 minutes, 45 minutes, 60 minutes and 75 minutes and with the use of dose variations of 4,72 mg, 5,22 mg, 5,72 mg, 6,22 mg and 6,72 mg. So that it can be seen the effect of exposure to electromagnetic wave radiation on cellular phones on the liver and the effect of giving antioxidant doses of mangosteen peel extract (*Garcinia mangostana L*).

Keywords: cellular telephone, electromagnetic waves, radiation, antioxidants, mice (*Mus musculus*), mangosteen peel extract (*Garcinia mangostana L*).



Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan kepada Allah SWT karena berkat dan rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini disusun sebagai hasil kerja laboratorium yang telah saya lakukan selama ini. Dalam skripsi ini diuraikan tentang latar belakang yang mendasari penulis untuk mengetahui pengaruh paparan radiasi gelombang elektromagnetik terhadap organ hati serta pengaruh antioksidan terhadap paparan tersebut.

Selama penyusunan skripsi ini saya telah banyak memperoleh bantuan sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Pemberian Ekstrak Kulit Manggis (*Garcinia Mangostana L*) Terhadap Gambaran Histologi Kerusakan Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) yang Terpapar Radiasi Gelombang Elektromagnetik Telepon Seluler”. Oleh karena itu, saya mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Keluarga tercinta Bapak Habie Hasan, Ibuk Lilik, Suami Fingky Ananta dan Kakak Popi Putri, dan anak saya Raynell Maverick Ananta yang selalu memberi semangat dan selalu mendukung untuk menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih untuk semua doa dan waktu yang telah tercurahkan.
2. Prof.Dr. Muhammad Nurhuda, Rer.Nat selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Brawijaya dan dosen mata kuliah komputasi dan fisika matematika III, terimakasih untuk ilmu dan wawasan luasnya.
3. Terimakasih untuk Ahmad Nadhir,Ph.D selaku sekretaris jurusan
4. Terimakasih untuk Bapak Drs. Unggul Pundjung Juswono, M.Sc selaku pembimbing I yang telah memberikan banyak ilmu tentang penulisan skripsi yang baik dan benar

5. Terimakasih untuk Ibu Dra. Lailatin Nuriyah, M.Si selaku Dosen pembimbing II yang telah memberikan banyak ilmu dan masukan tentang skripsi ini.
6. Terimakasih untuk Ibu Firdy Yuana, M.Si. selaku Dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan dukungan untuk menyelesaikan studi tepat waktu..
7. Pak Sahri, Pak Susilo dan Pak Deny selaku karyawan TU yang membantu dalam proses administrasi.
8. Terimakasih untuk Bapak Basyar yang dengan baik hati mengajarkan tata cara pembedahan dan berbagi ilmunya.
9. Terimakasih untuk Amalia Adhani, Hanny Putri, Lita Prastika dan Daniel Dwi P yang telah membantu dan telah saya repotkan dengan berbagai pertanyaan
10. Teruntuk kelompok saya Ami Rosyida, Mentari Lalan, Wilda As'adiyah dan Ferhiyan Nabila terima kasih atas kerjasama, semangat dan canda tawanya diakhir masa studi. Sukses selalu
11. Untuk temanku Lita Prastika dan Amalia Adhani, terimakasih banyak telah menjadi teman setia mulai semester awal perkuliahan, terimakasih sudah mau mendengarkan semua keluh kesahku. Terimakasih atas segala nasehat-nasehat yang selalu memotivasiku untuk menjadi lebih baik lagi.

Dengan menyadari keterbatasan ilmu saya, tentu skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Mohon maaf jika terdapat banyak kesalahan. Untuk itu saya selaku penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran yang bersifat membangun.

Penyusun

DAFTAR ISI

| | |
|---------------------------------------|-------------|
| LEMBAR PENGESAHAN..... | iii |
| LEMBAR PERNYATAAN..... | v |
| ABSTRAK..... | vii |
| ABSTRACT..... | ix |
| KATA PENGANTAR..... | xi |
| DAFTAR ISI..... | xiii |
| DAFTAR GAMBAR..... | xvii |
| DAFTAR TABEL..... | xx |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4 Batasan Masalah | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1 Telepon Seluler | 5 |
| 2.2 Radiasi Gelombang Elektromagnetik | 6 |
| 2.3 Radikal Bebas | 9 |
| 2.4 Antioksidan | 12 |
| 2.5 Buah Manggis | 13 |
| 2.6 Hati | 16 |
| 2.7 Mencit (<i>Mus musculus</i>) | 20 |

BAB III METODE PENELITIAN.....23

- 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 23
- 3.2 Alat dan Bahan 23
- 3.3 Alur Penelitian 23
 - 3.3.1 Persiapan Sampel 23
 - 3.3.1 Perlakuan Hewan Uji Coba 25
- 3.4 Pengukuran Sampel 26
 - 3.4.1 Pembuatan Preparat Histologi 26
 - 3.4.2 Perhitungan Kerusakan Organ Hati 28
- 3.5 Analisa Data 28

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....31

- 4.1 Hasil Penelitian 31
 - 4.1.1 Pengamatan Gambaran Histologi Vena Sentralis Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) 33
 - 4.1.2 Pengamatan Gambaran Histologi Sel Hepatosit Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) 37
 - 4.1.3 Perhitungan Kerusakan Vena Sentralis Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) 43
 - 4.1.4 Perhitungan Kerusakan Sel Hepatosit Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) 45
 - 4.1.5 Grafik Kerusakan Vena Sentralis Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) 48
 - 4.1.6 Grafik Kerusakan Sel Hepatosit Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) 50
 - 4.1.7 Perhitungan Kerusakan Total Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) 53

| | |
|--|-----------|
| 4.1.8 Grafik Kerusakan Total Organ Hati Mencit (<i>Mus musculus</i>) | 54 |
| 4.2 Pembahasan | 56 |
| BAB V PENUTUP | 63 |
| 5.1 Kesimpulan | 63 |
| 5.2 Saran | 63 |
| DAFTAR PUSTAKA | 65 |
| LAMPIRAN | 71 |



Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------------|---|----|
| Gambar 2.1 | Spektrum Gelombang Elektromagnetik..... | 7 |
| Gambar 2.2 | Pembentukan Radikal Bebas..... | 11 |
| Gambar 2.3 | Mekanisme Inisiasi..... | 11 |
| Gambar 2.4 | Mekanisme Propagasi..... | 11 |
| Gambar 2.5 | Mekanisme Terminasi..... | 12 |
| Gambar 2.6 | Mekanisme Sel Kanker dengan Antioksidan Kulit Manggis..... | 15 |
| Gambar 2.7 | Struktur Kimia Xanthone..... | 16 |
| Gambar 2.8 | Struktur Hati Normal pada Tikus..... | 18 |
| Gambar 2.9 | Mencit (<i>Mus musculus</i>)..... | 20 |
| Gambar 3.1 | Konfigurasi Sumber Radiasi Gelombang Elektromagnetik Telepon Seluler..... | 26 |
| Gambar 3.2 | Diagram Alir Pembuatan Preparat..... | 27 |
| Gambar 3.3 | Diagram Alir Penelitian..... | 29 |
| Gambar 4.1 | Gambaran Histologi Vena Sentralis Organ Hati Mencit (<i>Mus musculus</i>) Normal..... | 33 |
| Gambar 4.2 | Gambaran Histologi Vena Sentralis Organ Hati Mencit (<i>Mus musculus</i>) Terjadi Pecah Dinding..... | 34 |
| Gambar 4.3 | Gambaran Histologi Vena Sentralis Organ Hati Mencit (<i>Mus musculus</i>) Terjadi Penggumpalan darah..... | 34 |
| Gambar 4.4 | Gambaran Histologi Vena Sentralis Organ Hati Mencit (<i>Mus musculus</i>) Terjadi Pecah Dinding dan Penggumpalan darah..... | 35 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.5 Gambaran Histologi Organ Hati Mencit (<i>Mus musculus</i>) Kelompok Kontrol..... | 37 |
| Gambar 4.6 Gambaran Histologi Organ Hati Mencit (<i>Mus musculus</i>) Kelompok Paparan Negatif dengan Waktu 15 Menit..... | 37 |
| Gambar 4.7 Gambaran Histologi Organ Hati Mencit (<i>Mus musculus</i>) Kelompok Paparan Negatif dengan Waktu 30 Menit..... | 38 |
| Gambar 4.8 Gambaran Histologi Organ Hati Mencit (<i>Mus musculus</i>) Kelompok Paparan Negatif dengan Waktu 45 Menit..... | 38 |
| Gambar 4.9 Gambaran Histologi Organ Hati Mencit (<i>Mus musculus</i>) Kelompok Paparan Negatif dengan Waktu 60 Menit..... | 39 |
| Gambar 4.10 Gambaran Histologi Organ Hati Mencit (<i>Mus musculus</i>) Kelompok Paparan Negatif dengan Waktu 75 Menit..... | 39 |
| Gambar 4.11 Gambaran Histologi Organ Hati Mencit (<i>Mus musculus</i>) Kelompok Paparan Positif dengan Dosis 4,72 mg..... | 41 |
| Gambar 4.12 Gambaran Histologi Organ Hati Mencit (<i>Mus musculus</i>) Kelompok Paparan Positif dengan Dosis 5,22 mg..... | 41 |
| Gambar 4.13 Gambaran Histologi Organ Hati Mencit (<i>Mus musculus</i>) Kelompok Paparan Positif dengan Dosis 5,72 mg..... | 42 |
| Gambar 4.14 Gambaran Histologi Organ Hati Mencit (<i>Mus musculus</i>) Kelompok Paparan Positif dengan Dosis 6,22 mg..... | 42 |

| | | |
|--------------------|---|----|
| Gambar 4.15 | Gambaran Histologi Organ Hati Mencit (<i>Mus musculus</i>) Kelompok Paparan Positif dengan Dosis 6.72 mg..... | 43 |
| Gambar 4.16 | Grafik Kerusakan Vena Sentralis Organ Hati dari Kelompok Paparan Negatif..... | 48 |
| Gambar 4.17 | Grafik Kerusakan Vena Sentralis Organ Hati dari Kelompok Paparan Positif..... | 49 |
| Gambar 4.18 | Grafik Kerusakan Sel Hepatosit Organ Hati Kelompok Paparan Negatif..... | 50 |
| Gambar 4.19 | Grafik Kerusakan Sel Hepatosit Organ Hati Kelompok Paparan Positif | 52 |
| Gambar 4.20 | Grafik Kerusakan Total Organ Hati dari Kelompok Paparan Negatif | 54 |
| Gambar 4.21 | Grafik Kerusakan Total Organ Hati dari Kelompok Paparan Positif..... | 54 |
| Gambar 4.22 | Gerakan Rotasi Suatu Molekul..... | 57 |
| Gambar 4.23 | Tingkat Energi Rotasi Molekul | 57 |
| Gambar 4.24 | Ringkasan Suatu Radikal Bebas Dibentuk | 58 |
| Gambar 4.25 | Struktur Kimia Flavonoid..... | 60 |
| Gambar 4.26 | Pendonoran Atom H | 60 |
| Gambar 4.27 | Proses Resonansi Radikal Bebas Fenol | 61 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Komposisi Nutrisi per 100 gram Buah Manggis..... | 16 |
| Tabel 2.2 Hasil Identifikasi Golongan Senyawa Kimia Kulit Buah Manggis (<i>Garcinia mangostana L.</i>)..... | 16 |
| Tabel 3.1 Konversi Perhitungan Dosis Hewan dan Manusia..... | 25 |
| Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Persentase Vena Sentralis Kelompok Paparan Negatif..... | 44 |
| Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Persentase Vena Sentralis Kelompok Paparan Positif..... | 44 |
| Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Persentase Inti Piknotik Kelompok Paparan Negatif..... | 45 |
| Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Persentase Sel Binuklear Kelompok Paparan Negatif..... | 45 |
| Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Persentase Degenerasi Parenkim Kelompok Paparan Negatif..... | 46 |
| Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Persentase Inti Piknotik Kelompok Paparan Positif..... | 47 |
| Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Persentase Sel Binuklear Kelompok Paparan Positif..... | 47 |
| Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Persentase Degenerasi Parenkim Kelompok Paparan Positif | 47 |
| Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Persentase Kerusakan total Kelompok Paparan Negatif | 53 |
| Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Persentase Kerusakan total Kelompok Paparan Positif..... | 53 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Komunikasi adalah suatu kegiatan penyampaian pemikiran, perasaan, harapan ataupun pengalaman kepada orang lain. Semakin berkembangnya era globalisasi saat ini, diikuti oleh perkembangan teknologi. Salah satunya adalah telepon seluler yang merupakan perangkat komunikasi elektronik yang praktis (Kogoya, 2015).

Telepon seluler memanfaatkan pancaran gelombang elektromagnetik pada pancaran sinyal dari *emitter* ponsel. Meskipun gelombang elektromagnetik yang dipancarkan sangat kecil namun intensitas yang sangat tinggi pada penggunaannya maka dapat berpengaruh pada kesehatan yang dikarenakan oleh radiasi yang dipancarkannya (Sutyarso, 2010).

Gelombang elektromagnetik dibentuk dari adanya medan magnet serta medan listrik yang saling bergetar dengan arah tegak lurus. Gelombang elektromagnetik yang dihasilkan oleh telepon seluler adalah gelombang radio. Gelombang radio yang dihasilkan inilah yang menimbulkan radiasi yang dapat berdampak bagi tubuh manusia yang menggunakannya dengan intensitas yang tinggi. Sehingga gelombang elektromagnetik inilah yang akan membuat perubahan keseimbangan radikal bebas dalam sistem biologi (Victorya, 2015).

Radikal bebas adalah suatu senyawa yang memiliki satu elektron tidak berpasangan sehingga dapat menyebabkan gangguan pada sistem tubuh. Salah satu radikal bebas adalah hidrogen peroksida (H_2O_2), anion superoksida ($O^{\cdot-}_2$) ataupun

radikal hidroksil ($\cdot\text{OH}$) ini yang dapat merusak biomolekul yang penting dalam tubuh seperti lipid, asam nukleat dan protein (Putra & Hasanah, 2017).

Kerusakan biomolekul yang diakibatkan oleh radikal bebas ini dapat berdampak pada kerusakan organ hati. Organ hati atau yang biasa disebut dengan hepar ini berfungsi sebagai sintesis, penyimpanan, detoksikasi dan produksi serta destruksi eritrosit. Sintesis yang dilakukan organ hati ini meliputi sintesis kolesterol dan steroid serta protein plasma seperti fibrinogen, protombin dan globulin. Fungsi hati sebagai penyimpanan meliputi glikogen, lemak, vitamin-vitamin A, B, D dan K serta zat besi dari pemecahan hemoglobin. Sebagai detoksikasi, hati ini memecah steroid dan berbagai obat lainnya. Selanjutnya hati dapat memproduksi dan destruksi eritrosit yang kemudian akan dilanjutkan oleh sum-sum tulang. Fungsi-fungsi ini dapat dilakukan karena hati adalah salah satu kelenjar terbesar dalam tubuh yang memiliki berat antara 1300-1550 gram dengan warna merah coklat serta sangat vaskular dan lunak (Gibson, 2004).

Efek yang ditimbulkan oleh radikal bebas ini sangat berbahaya dan dapat merusak kinerja dari organ tubuh, sehingga dibutuhkan senyawa yang dapat menangkal ataupun menghambatnya yang disebut antioksidan. Senyawa antioksidan ini mendonorkan satu elektron yang dimilikinya kepada radikal bebas sehingga aktivitas dari radikal bebas dapat terhambat (Putra & Hasanah, 2017).

Pada kehidupan sehari-hari banyak dapat kita temui sumber antioksidan alami pada berbagai jenis makanan yang kita konsumsi. Antioksidan sering kita konsumsi mengandung vitamin A, C dan E dalam sayur maupun buah segar. Besarnya

kemampuan antioksidan dilihat dari seberapa kuat suatu antioksidan tersebut dapat menetralisasi gugus radikal bebas dalam satuan *Oxygen Radical Absorbance Capacity* (ORAC). Manggis memiliki ORAC yang sangat tinggi sebesar 17000-20000 ORAC sehingga kemampuan kandungan pada manggis sebagai antioksidan tidak perlu diragukan lagi (Paramawati, 2010).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian kali ini adalah bagaimana pengaruh variasi lama paparan radiasi yang ditimbulkan oleh telepon seluler serta pengaruh pemberian antioksidan ekstrak kulit manggis terhadap gambaran histologi organ hati mencit (*Mus musculus*).

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis pengaruh variasi lama paparan radiasi telepon seluler serta pengaruh pemberian antioksidan ekstrak kulit manggis pada organ hati mencit (*Mus musculus*).

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian yang akan dilakukan adalah mencit yang berusia 2-3 bulan, berkelamin jantan dimana kondisi psikologis pada mencit ini diabaikan. Ruang penyimpanan mencit dikondisikan bersih dan terosilasi. Pengambilan data berupa pengamatan histologi yang hanya memperhatikan perubahan histologi dari organ hati mencit. Paparan radiasi menggunakan 4 telepon seluler berbasis android dengan lama paparan 15, 30, 45, 60 dan 75 menit kepada mencit pada wadah kecil.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini untuk memberikan informasi kepada masyarakat mengenai pengaruh variasi lama paparan

radiasi telepon seluler terhadap kondisi histologi organ hati serta pengaruh antioksidan ekstrak kulit manggis terhadap dampak yang dihasilkan dari radiasi telepon seluler. Sehingga dapat diketahui acuan untuk penggunaan telepon seluler secara proporsional.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Telepon Seluler

Telepon seluler atau biasa disebut ponsel merupakan salah satu alat komunikasi terpenting dalam era globalisasi saat ini. Telepon seluler memanfaatkan gelombang radio dibandingkan dengan penggunaan kabel untuk digunakan dalam berkomunikasi secara *mobile* asalkan pada daerah tersebut terdapat sinyal. Meningkatnya penggunaan telepon seluler saat ini salah satunya dikarenakan penggunaannya yang tidak memerlukan instalasi rumit seperti pemasangan telepon rumah yang menggunakan kabel. Saat ini, ponsel tidak hanya dapat digunakan sebagai sarana komunikasi, tetapi juga menjadi sumber berita dan media transfer data *mobile* yang cepat (Sumbayak, 2013).

Ponsel yang saat ini sudah menjadi gaya hidup masyarakat saat ini merupakan perangkat elektronik yang memancarkan gelombang elektromagnetik dengan pancaran yang kecil, namun karena interaksi pengguna yang tinggi sehingga dapat memungkinkan terjadinya dampak radiasi yang dapat mempengaruhi kesehatan penggunanya. Saat ini ponsel yang dipasarkan memiliki frekuensi 450 MHz dan 900 MHz, namun banyak perusahaan pengelola jasa telepon seluler saat ini yang menggunakan frekuensi lebih tinggi yaitu sebesar 1900 MHz karena banyak kelebihan yang dihasilkan terutama pada perambatan gelombangnya. Pancaran sinyal dari emitter ponsel mengikuti kaidah pancaran radiasi gelombang elektromagnetik yang merupakan kombinasi medan listrik yang berisolasi serta medan magnet merambat tanpa melalui ruang dengan membawa energi menuju ke suatu

tempat lainnya seperti halnya radio (Husain & Makiyah, 2012).

Ponsel termasuk dalam gelombang radio yang memiliki frekuensi paling kecil dengan panjang gelombang yang paling panjang sehingga suatu sistem telekomunikasi menggunakan gelombang ini sebagai pembawa sinyal informasi. Ponsel dapat menimbulkan radiasi elektromagnetik dikarenakan pada ponsel memiliki transmitter yang dapat mengubah suara menjadi gelombang sinusoidal kontinu yang selanjutnya dipancarkan keluar dan terjadi fluktuasi melalui udara pada gelombang tersebut (Enny, 2014).

Berdasarkan frekuensi yang digunakan oleh ponsel berbasis CDMA (Code Division Multiple Access) yaitu sebesar 450 MHz hingga 1900 MHz maka gelombang elektromagnetik yang dipancarkan berkisar 1 sampai 0,01 meter. Secara teoritis dampak yang didapatkan oleh tubuh manusia ketika menggunakan ponsel secara berlebihan ini diakibatkan karena pancaran radiasi dari emitter ponsel (Idayati, 2011).

2.2 Radiasi Gelombang Elektromagnetik

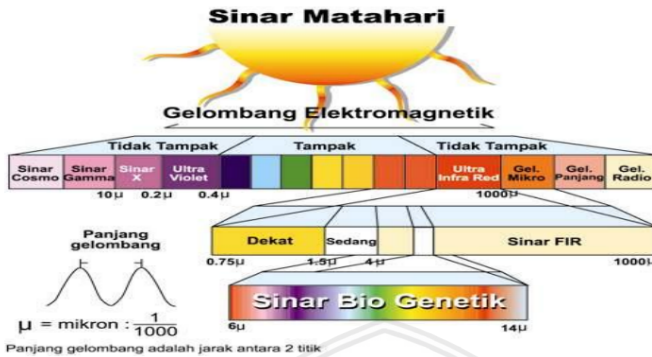
Suatu gelombang elektromagnetik dapat diidentifikasi berdasarkan panjang gelombang serta frekuensinya. Dalam teori yang telah dirumuskan oleh Maxwell gelombang elektromagnetik ini terbentang dari frekuensi dan panjang gelombang yang sangat luas namun tetap memiliki gejala yang sama. Cahaya, gelombang radio hingga sinar-X merupakan salah satu contoh gelombang elektromagnetik yang ada disekitar kita (Enny, 2014).

Gelombang elektromagnetik merupakan kombinasi antara medan listrik dan medan magnet dengan energi yang sama besar serta memiliki kecepatan merambat sama dengan

kecepatan cahaya (Kurniawan & Wahyuni, 2008). Pada ruang hampa untuk setiap gelombang elektromagnetik tetap berlaku hubungan $c = \lambda f$ meskipun frekuensi dan panjang gelombangnya berbeda. Spektrum elektromagnetik mencakup transmisi radio, cahaya tampak, radiasi inframerah dan UV, sinar-X dan sinar Gamma dengan frekuensi 1 sampai 10^{24} Hz. Pada Gambar 2.1 menggambarkan frekuensi dan panjang gelombang spektrum elektromagnetik yang demikian lebar (Enny, 2014).

Spektrum gelombang elektromagnetik terdiri dari beberapa daerah. Pada bagian ujung spektrum gelombang elektromagnetik ini adalah sinar gamma dan sinar-X yang merupakan radiasi nuklir sedangkan bagian tengahnya terdapat frekuensi radio gelombang elektromagnetik yang digunakan oleh manusia untuk peralatan komunikasi. Peralatan yang sering digunakan oleh manusia ini memiliki kemampuan untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik (Swamardika, 2009).

Spektrum gelombang elektromagnetik yang terdapat pada Gambar 2.1 ini terdiri dari tujuh macam gelombang yang dibedakan berdasarkan frekuensi dan panjang gelombang dengan cepat rambat ruang hampa sama sebesar $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$. Frekuensi dan panjang gelombang saling berbanding terbalik. Spektrum gelombang elektromagnetik dari frekuensi kecil dengan panjang gelombang terpanjang dimulai dari gelombang radio dan tv, gelombang mikro, infra merah, cahaya tampak, UV, sinar-X dan sinar gamma.



Gambar 2.1 Spektrum Gelombang Elektromagnetik (Enny, 2014).

Menurut Planck, besar energi dari spektrum gelombang elektromagnetik didapatkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$E = hv$$

....1

Dimana h adalah konstanta Planck sebesar $6,62 \times 10^{-34}$ Js sedangkan ν merupakan frekuensi gelombang elektromagnetik. Sedangkan untuk intensitas radiasi akan bergantung pada posisi benda yang menerima radiasi dari sumber radiasi, dengan persamaan intensitas radiasi sebagai berikut:

$$I = \frac{P}{A}$$

....2

Dengan I adalah intensitas radiasi (W/m^2), P adalah daya yang diterima (W) dan A merupakan luas permukaan yang dapat ditembus oleh radiasi (m^2). Jika radiasi bersifat

omnidirectional, maka $I \frac{1}{r^2}$ sehingga semakin besar jarak radiasi maka intensitasnya akan semakin berkurang dan sebaliknya (Mahardika, 2009).

Radiasi merupakan perambatan energi tanpa membutuhkan suatu medium. Terdapat dua jenis radiasi yaitu pengion dan non pengion (Sumbayak, 2016). Radiasi pengion terdiri dari partikel alpha dan beta yang terdiri dari material radioaktif sedangkan radiasi non pengion salah satunya adalah gelombang elektromagnetik atau photon (Swamardika, 2009). Radiasi dapat berdampak buruk bagi tubuh manusia karena tubuh terdiri dari sebagian besar molekul air sehingga dapat dengan mudah mengalami proses ionisasi (Soeng, Wargasetia, & Steven, 2007).

Radiasi elektromagnetik dapat menjadi radiasi pengion apabila memiliki panjang gelombang lebih kecil dari 100 Angstrom atau memiliki energi lebih besar dari 124 eV (Alatas&Lusiyanti, 2001). Radiasi pengion memiliki kemampuan untuk mengeluarkan elektron dari inti kulit atom sehingga elektron yang keluar akan mengikat atom netral dan membentuk ion negatif dan ion positif yang menyebabkan tubuh mengalami kelainan atau kerusakan sel (Sumbayak, 2013).

Sedangkan radiasi elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang lebih dari 10^{-6} cm termasuk dalam kategori radiasi non pengion. Radiasi non pengion ini didefinisikan sebagai emisi energi jika melalui suatu medium dan terjadi penyerapan maka energi radiasi tersebut tidak dapat menyebabkan terjadinya proses ionisasi. Radiasi elektromagnetik yang memiliki energi kurang dari 10 eV atau radiasi non pengion ini meliputi sinar ultraviolet, cahaya

tampak, inframerah, gelombang mikro dan radiofrekuensi (Alatas & Lusiyanti, 2001). Radiasi non pengion dapat memiliki dampak sama seperti radiasi pengion ketika pemaparan gelombang dilakukan secara tidak terkendali sehingga gelombang ini dapat memiliki energi yang sangat tinggi yang kemudian dapat mengionisasi molekul serta menjadi penyebab timbulnya penyakit maupun kematian pada manusia (Swamardika, 2009).

Gelombang radio dihasilkan dari muatan-muatan listrik yang dibangkitkan oleh rangkaian elektronika atau biasa disebut osilator yang kemudian dipercepat melalui kawat penghantar. Gelombang ini akan dipancarkan dan diterima melalui antenna. Sedangkan gelombang mikro adalah gelombang radio dengan frekuensi diatas 3GHz sehingga jika terjadi penyerapan gelombang dapat menimbulkan efek panas pada benda tersebut (Enny, 2014).

Radiasi gelombang elektromagnetik dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada sistem tubuh seperti terganggunya pembentukan sel darah merah, terganggunya irama jantung, sistem reproduksi terutama terjadi pada pria, degenerasi saraf maupun hipersensitivitas yang bermanifestasi sehingga menyebabkan timbulnya berbagai keluhan penyakit lainnya (Kurniawan & Wahyuni, 2008).

Radiasi elektromagnetik pada ponsel relatif kecil karena hanya berkisar seper sejuta elektron volts. Namun karena jarak sumber radiasi ponsel dengan materi maka dampak yang dipancarkan ponsel tidak dapat diabaikan karena semakin dekat sumber radiasi maka semakin besar radiasi yang diterima. Pada sel-sel tubuh sebagian besar adalah air, maka jika intensitas radiasi elektromagnetik cukup kuat maka molekul air pada sel dapat terionisasi (Wardhana, 2000).

2.3 Radikal Bebas

Radikal bebas merupakan molekul atau senyawa yang berada pada keadaan bebas dengan satu ataupun lebih elektron yang tidak berpasangan. Elektron ini akan mudah menyerang sel-sel sehat dalam tubuh sehingga menyebabkan munculnya suatu penyakit (Yuyun, 2011).

Jika elektron yang terikat oleh radikal bebas bersifat ionik maka efek yang ditimbulkan tidak terlalu berbahaya, namun jika senyawa berikatan kovalen maka akan sangat berbahaya karena akan digunakan secara bersama-sama sehingga kerusakan sel yang ditimbulkan akan semakin parah dan dapat mengganggu sistem kerja suatu organ. Target utama radikal bebas adalah proteiin, asam lemak yang tak jenuh lipoprotein dan unsur DNA yang termasuk karbohidrat (Winarsi, 2007).

Radikal bebas adalah suatu senyawa oksigen reaktif yang dapat terbentuk didalam tubuh. Secara kimia, radikal bebas adalah atom unsur, senyawa atau molekul yang memiliki elektron yang tidak berpasangan, contohnya molekul air (H_2O) ketika mendapat energi yang besar seperti radiasi maka akan terjadi pembelahan homolitik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 ini disebabkan karena molekul tersebut miliki satu elektron pada atom H yang tidak berpasangan. Elektron yang tidak berpasangan inilah yang cenderung menarik elektron lain disekitarnya sehingga dapat terbentuk radikal baru (Winarsi, 2007). Hal tersebut yang menyebabkan terjadinya kerusakan pada sel tubuh sehingga menyebabkan timbulnya berbagai penyakit degeneratif seperti jantung koroner, ateroskelrosis, osteoporosis, kanker, sirosis

hati, Alzheimer, obstruksi paru, diabetes, ginjal kronis dan stroke (Srihari & Lingganingrum, 2015).

Sebelum mengambil satu elektron tambahan dalam waktu yang sangat singkat sebagian besar dari radikal bebas hanya berdiri sendiri. Radikal hidrogen atau hidroksil seperti pada Gambar 2.2 merupakan salah satu radikal yang berukuran besar dengan struktur yang kompleks yang terdiri dari cincin arom karbon (cincin benzene) dengan berbagai rantai tepi namun tetap memiliki satu elektron yang tidak berpasangan disalah satu bagiannya.



Gambar 2.2 Pembentukan Radikal Bebas

(Youngson, 2005).

Ada 3 tahap terjadinya radikal bebas yaitu inisiasi, propagasi dan terminasi sebagai berikut:

1. Inisiasi

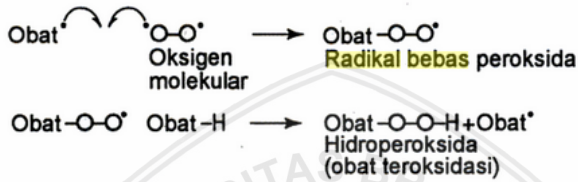
Inisiasi merupakan tahap pembelahan homolitik ikatan kovalen yang menghasilkan radikal bebas dengan sumber energi yang diperoleh berasal dari cahaya yang mengenai suatu sampel. Cahaya dengan panjang gelombang yang cukup dapat memecah pasangan elektron pada suatu senyawa yang memiliki ikatan kovalen sehingga menghasilkan dua radikal.



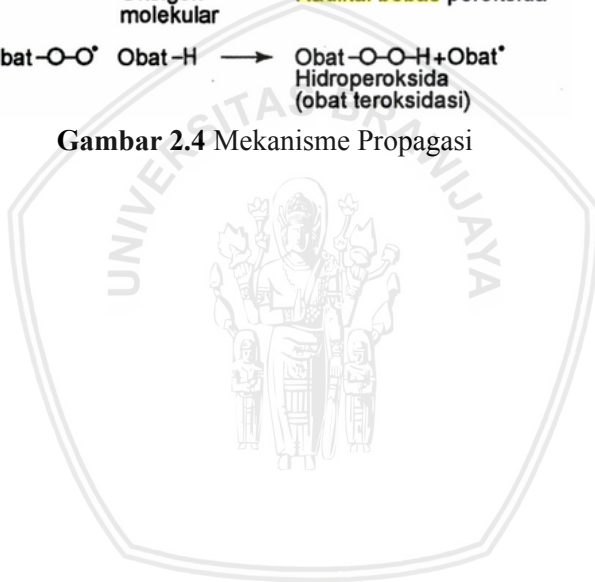
Gambar 2.3 Mekanisme Inisiasi

2. Propagasi

Propagasi merupakan tahap saat radikal-radikal bebas bereaksi bersama-sama dengan melibatkan pembentukan peroksida dan hidroperoksida. Hidroperoksida ini mengalami dekomposisi dan menghasilkan aldehyd serta keton yang merupakan senyawa karbonil. Tahap propagasi ini terjadi proses pemakaian dan pembentukan radikal bebas yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 berikut ini.

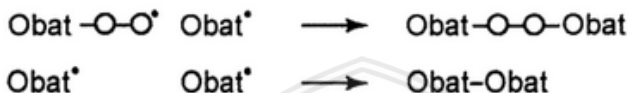


Gambar 2.4 Mekanisme Propagasi



3. Terminasi

Tahap terminasi ini merupakan tahap dimana radikal bebas reaktif digunakan tetapi tidak dihasilkan. Sehingga radikal bebas akan bergabung bersama membentuk ikatan kovalen dan secara efektif mengakhiri proses reaksi maka menghasilkan senyawa yang lebih stabil seperti pada Gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5 Mekanisme Terminasi

(Cairns, 2004).

2.4 Antioksidan

Antioksidan berkemampuan untuk memutus reaksi berantai yang disebabkan oleh radikal bebas. Terdapat dua macam antioksidan yaitu antioksidan yang alami dan yang sintetik. Antioksidan alami ini berupa senyawa turunan dari senyawa fenol seperti flavonoid, katekin, tokoferol dan lain-lain. Sedangkan antioksidan sintetik seperti butil hidroksi anisol (BHA) dan butil hidroksi toluena (BHT), namun menurut penelitian BHA dan BHT dapat menyebabkan efek toksik setelah penggunaan dalam waktu lama (Yuyun, 2011).

Mekanisme antioksidan dalam menghambat ataupun menurunkan oksidasi melalui dua cara yaitu dengan menangkap radikal bebas secara primer dan secara sekunder. Penangkapan secara primer atau biasa disebut penangkapan radikal bebas secara langsung termasuk dalam komponen fenolik seperti vitamin E (α -tokofenol). Sedangkan penangkapan secara sekunder ini tidak melibatkan penangkapan radikal bebas secara langsung, sehingga

memiliki mekanisme yang bervariasi seperti pengikatan ion logam, mengubah hidrogenperoksida menjadi spesies non radikal, mengabsorpsi radiasi UV, menangkap atau deaktivasi oksigen singlet. antioksidan sekunder ini akan bekerja ketika ditemukannya komponen minor (Dewi, I.D.A.D.Y., Astuti, & Warditiani, 2008).

2.5 Buah Manggis

Tanaman manggis (*Garcinia Mangostana Linn*) merupakan tanaman dari kelas Dicotyledonae yang berasal dari keluarga Guttiferae dengan genus *Garcinia*. Manggis merupakan tanaman dari hutan tropis teduh dikawasan Asia Tenggara yang tersebar dari Amerika Tengah, Srilangka, Malagasi, Karibia, Hawaii, Brazil, Honduras, Panama dan Australia Utara (Paramawati, 2010).

Buah ini memiliki julukan *Queen of Fruits* karena memiliki manfaat untuk mengobati penyakit kanker, jantung, arthritis, diare, radang amandel, keputihan dan disentri (Husen, Winarni, Ansori, & Susilo, 2016). Pemanfaatan buah manggis sebagai obat telah diketahui sejak abad ke-13 pada zaman Dinasti Ming di Cina, pada saat itu kulit buah manggis digunakan sebagai obat gatal-gatal ataupun penyakit kulit lainnya. Masyarakat di Thailand, Srilangka, India, Myanmar dan Filipina memanfaatkan kulit buah manggis sebagai obat untuk menyembuhkan diare, infeksi, luka dan sariawan. Pengolahan buah manggis sebagai obat sangat mudah, jika dalam bentuk segar kulit buah manggis dapat di jus bersamaan dengan daging dan bijinya sedangkan dalam keadaan kering dapat direbus atau di seduh dengan air panas (Sahroni, 2012).

Saat ini pemanfaatan kulit buah manggis telah banyak berkembang salah satunya dapat melawan penyakit

degeneratif karena mengandung efek antibakteri, antivirus dan anti inflamatori. Kandungan tersebut dapat melawan penyakit seperti kanker, HIV/AIDS, jantung, diabetes, alzheimer, arthritis, fibriomyalgia, pulmonary fibrosis hingga malaria. Mekanisme kerja kulit manggis untuk melawan kanker dapat diamati pada Gambar 2.6 kandungan dalam kulit manggis ini berperan dalam mengendalikan sel kanker pada mekanisme apoptosis (Sahroni, 2012).

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, komposisi nutrisi manggis per 100 gram dapat dilihat pada Table 2.1 (Miryanti, Sapei, Budiono, & Indra, 2011). Sedangkan hasil identifikasi dengan etanol 70% sebagai cairan penyari didapatkan bahwa ekstrak kulit buah manggis mengandung alkaloid, flavonoid, fenolik dan tanin seperti pada Tabel 2.2 Namun kandungan steroid atau triterpenoid tidak teridentifikasi karena tidak dapat larut dalam etanol ataupun air melainkan larut dalam pelarut lemak seperti eter atau kloroform (Supomo, Sapri, & Komalasari, 2016).

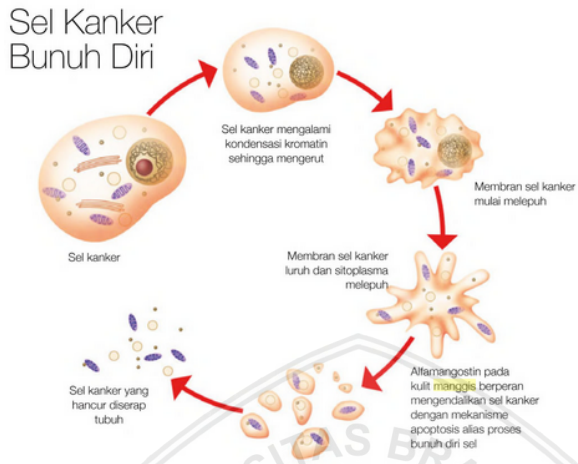
Kandungan antioksidan paling banyak pada buah manggis terletak di bagian kulitnya. Dimana hampir 50 jenis antioksidan terkandung pada kulit manggis. Kandungan pada kulit manggis yaitu xanthone, α -mangostin, γ -mangostin, pectinm, tannin, catechin, resin, zat pewarna dan getah yang berwarna kuning (Wulan, 2015).

Xanthone adalah senyawa organik pada senyawa fenol yang ditemukan pada kulit manggis dengan konsentrasi yang sangat tinggi (Wuisan, Tendean, & Rumbajan, 2016). Xanthone memiliki struktur cincin 6 atom karbon terkonjugasi yang ditandai dengan adanya ikatan karbon rangkap sehingga menghasilkan struktur atom yang stabil seperti pada Gambar 2.7 (Srihari & Lingganingrum, 2015). Daya antioksidan pada

senyawa xantone ini melebihi vitamin E dan vitamin C (Supomo et al., 2016).

Selain sebagai antioksidan, xanthone memiliki kemampuan sebagai anti bakteri, anti inflamasi, anti fungi bahkan sebagai penghambat pertumbuhan bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Xanthone mengikat oksigen bebas di dalam tubuh sehingga dapat menghambat proses kerusakan sel serta merangsang proses regenerasi sel yang rusak secara cepat (Miryanti et al., 2011). Xanthone adalah senyawa dengan antioksidan yang kuat sehingga dapat melindungi LDL (*Low Density Lipoprotein*) dari kerusakan oksidatif yang diakibatkan oleh radikal bebas dengan cara menghambat proses penuaan dan mencegah penyakit degeneratif (Srihari & Lingganingrum, 2015).

Xanthone meliputi α -mangostin, β -mangostin, garcinone C, garcinone D, garcinone E dan maclurin yang merupakan senyawa-senyawa yang berperan untuk menangkal radikal bebas serta mencegah kerusakan sel. Menurut (Planta Medica, 2002) garcinone E adalah suatu senyawa Xanthone pada kulit manggis yang dapat mencegah maupun mengobati kanker hati (Puspaningtyas, 2013).



Gambar 2.6 Mekanisme Sel Kanker dengan Antioksidan Kulit Manggis (Sahroni, 2012).

Tabel 2.1 Komposisi Nutrisi Buah Manggis 100 gram

| | |
|-------------------------|-------------|
| Kadar Air (%) | 80,2 – 84,9 |
| Energi (kal) | 60 –63 |
| Protein (g) | 0,5 – 0,6 |
| Lemak (g) | 0,1 – 0,6 |
| Karbohidrat(g) | 14,3 -15,6 |
| Serat (g) | 5 – 5,1 |
| Kalsium (mg) | 0,01 - 8 |
| Fosfor (mg) | 0,02 -12 |
| Besi (mg) | 0,2 - 12 |
| Vitamin B1 (mg) | 0,03 |
| Vitamin B2 (mg) | 0,03 |
| Vitamin B5/ niasin (mg) | 0,03 |
| Vitamin C (mg) | 4,2 |

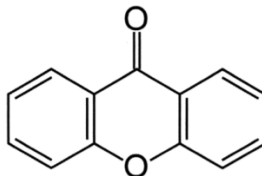
(Miryanti et al., 2011).

Tabel 2.2 Hasil Identifikasi Golongan Senyawa Kimia Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana L.*)

| No. | Kandungan Kimia | Hasil Identifikasi | Keterangan |
|-----|----------------------|-----------------------------------|------------|
| 1. | Alkaloid | Mayer : Endapan kuning | + |
| | | Bouchardat : Endapan coklat-hitam | + |
| | | Dragendrof : Endapan merah bata | + |
| 2. | Flavonoid | Terbentuk warna jingga | + |
| 3. | Fenolik | Terbentuk warna hitam pekat | + |
| 4. | Tanin | Terbentuk warna hijau kehitaman | + |
| 5. | Steroid/Triterpenoid | Terbentuk warna merah coklat | - |

Keterangan: + : menunjukkan hasil positif
- : menunjukkan hasil negatif

(Supomo et al., 2016).



Gambar 2.7 Struktur Kimia Xanthone

2.6 Hati

Hati atau hepar merupakan kelenjar terbesar pada tubuh yang bekerja secara konsisten serta berwarna merah tua dengan berat 1/40 dari berat tubuh manusia. Pada pria, hati memiliki berat antara 1.400-800 gram, sedangkan pada wanita sebesar 1.200-400 gram (Mashudi, 2011).

Hati merupakan organ tubuh yang penting bagi kehidupan manusia karena pada organ hati yang masih sehat memiliki begitu banyak fungsi yang dapat menunjang kehidupan manusia. Fungsi dari organ ini adalah:

1. Sebagai detoksifikasi untuk membersihkan darah dari zat toksik sebelum menuju organ yang lain
2. Pengontrol infeksi dengan cara memproduksi agen imunitas
3. Pensintesis albumin dan fibrinogen
4. Penyimpan cadangan makanan berupa glukosa
5. Sebagai tempat produksi cairan empedu untuk sistem pencernaan
6. Peregenerasi sel saat sel rusak ataupun kehilangan fungsinya

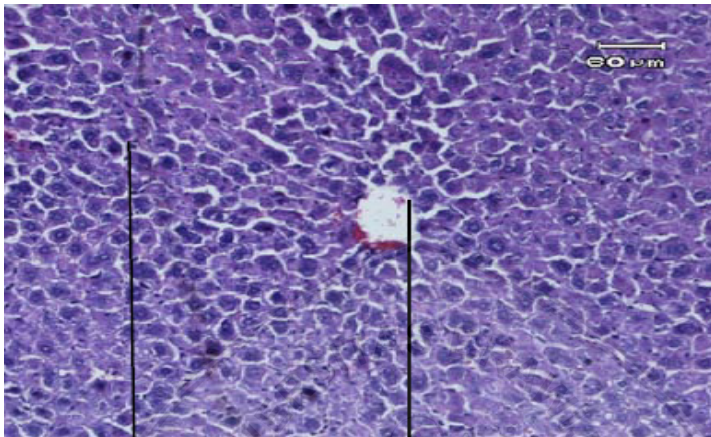
(Misnadiarly, 2007).

Hilus atau porta hepatis merupakan daerah keluar masuknya pembuluh darah pada organ hati yang terdiri dari vena porta, arteri hepatica propria dan terdapat duktus dextra dan sinistra. Vena hepatica membawa darah keluar dari hati menuju vena cava inferior. Sedangkan vena porta dan arteri hepatica membawa darah menuju vena sentralis. Vena sentralis terdapat pada bagian tengah lobulus yang dikelilingi oleh sel hepatosit dan sinusoid. Aliran darah mengalir melalui tepi lobulus hingga ke tengah lobulus sehingga asupan oksigen dan konsentrasi bahan yang lebih tinggi akan diterima

oleh bagian tepi lobulus dibandingkan pada bagian tengahnya. Hal ini menyebabkan bagian tengah lobulus lebih banyak menerima zat toksik sehingga rentan mengalami kerusakan (Wicaksono, Narayani, & Setyawati, 2015).

Sel hepatosit adalah salah satu bagian di dalam organ hati yang memiliki peran dalam proses metabolisme. Sel ini memiliki berat 80% dari berat hati dan terdapat inti sel tunggal maupun ganda (Julio, Busman, & Nurcahyani, 2013). Sel hepatosit berbentuk polihedral yang memiliki 6 permukaan atau lebih dengan membran sel yang dapat terlihat dengan jelas serta memiliki inti bulat ditengah (Prasetiawan, Sabri, & Ilyas, 1992). Sel-sel hepatosit berbatasan dengan sinusoid-sinusoid yang berisi darah dengan dinding sinusoid yang cukup besar serta tidak memiliki membran dasar sehingga materi xenobiotik yang dibawa oleh darah dapat masuk kedalam sel hepatosit (Kaniawati, 2012).

Fungsi dari sel hepatosit ini adalah untuk metabolisme serta melakukan biotransformasi materi-materi xenobiotik yang terkandung dalam darah. Untuk mengatasi kerusakan yang dapat terjadi, sel hepatosit memiliki kemampuan untuk meregenerasi sel yang rusak dengan cara pembelahan besar-besaran di daerah yang terjadi kerusakan (Kaniawati, 2012).



Hepatosit normal

Vena sentralis

Gambar 2.8 Struktur Hati Normal pada Tikus

(Tatukude, Loho, & Lintang, 2014).

Ada hal yang membuat hati menjadi organ sasaran kerusakan. Sebagian besar toksikan masuk ke organ hati melalui vena porta melalui sistem gastrointestinal sebelum diserap oleh vena porta. Toksikan ini dapat menyebabkan perubahan pada organel sel hati sehingga muncul perlemakan hati, nekrosis hati, kolestasis dan sirosis. Kerusakan hati dapat bersifat *irreversible* (tetap) dan *reversible* (sementara). Kerusakan reversibel meliputi degenerasi sel sehingga terjadi perubahan struktur pada sel normal. Degenerasi sel dapat disebabkan karena gangguan metabolisme, toksin ataupun trauma yang jika terjadi secara terus-menerus akan menyebabkan kematian sel (nekrosa). Kematian sel bersifat tetap (*irreversible*) terjadi melalui proses apoptosis yaitu

kematian sel terencana sehingga bersifat menguntungkan bagi tubuh dan nekrosis merupakan kematian sel karena merusakkan sel secara akut (Suyanti, 2008).

Hati memiliki kemampuan untuk melumpuhkan toksikan dengan menggunakan enzim sitokrom P-450 sehingga toksikan ini dapat larut dalam air sehingga dapat diekskresikan (Suyanti, 2008). Selain itu kerusakan fungsi hati dapat diperbaiki dengan fitofarmaka misalnya Kurkumin dan Silimarin yang terdapat pada bahan herbal sebagai antioksidan yang berfungsi untuk hepatoprotektor terhadap radikal bebas. Namun tidak semua bahan herbal dapat menguntungkan untuk organ hati, sehingga diperlukan rekomendasi dari dokter untuk pengkonsumsian suatu bahan herbal pada penderita gangguan fungsi organ hati (Cahyono, 2010).

Darah yang masuk kedalam organ hati mengandung materi-materi xenobiotik seperti toksikan, obat-obatan maupun molekul aktif biologis lainnya. Salah satu cara untuk membersihkan materi xenobiotik yaitu dengan biotransformasi xenobiotik yang terjadi didalam sel hepatosit. Biotransformasi xenobiotik bekerja dengan cara mengubah suatu senyawa menjadi senyawa yang lebih hidrofilik karena semakin hidrofilik suatu senyawa maka akan mempermudah proses eliminasi yang akan terjadi. Namun tidak semua proses ini menghasilkan produk yang aman untuk dieliminasi oleh tubuh karena menghasilkan suatu radikal bebas yang dapat menyerang atom hidrogen dari asam lemak tidak jenuh yang terdapat pada membran fosfolipid. Sehingga menghasilkan kerusakan membran sel seperti perlemakan, nekrosis dan sirosis (Kaniawati, 2012).

2.7 Mencit (*Mus Musculus*)

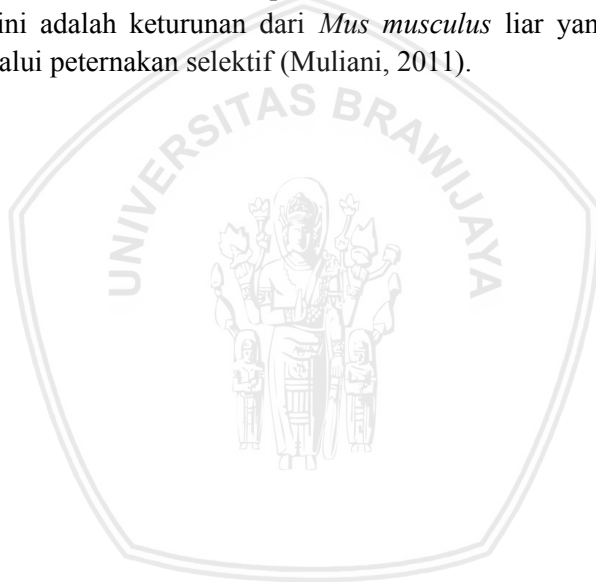
Mencit merupakan hewan pengerat (rodentia) dalam famili Murideae. *Mus musculus* memiliki berat badan yang bervariasi, dimana saat umur empat minggu berat badannya mencapai 18 hingga 20 gram dan saat enam bulan atau lebih dapat mencapai 30 hingga 40 gram. Untuk membedakan *Mus musculus* jantan ataupun betina mudah dapat diamati pada alat kelaminnya. Pada betina memiliki jarak yang dekat lubang anus dan lubang genitalnya sedangkan untuk jantan memiliki testis yang sangat jelas dan berukuran relatif besar pada saat kematangannya, serta pembeda lainnya adalah pada betina ada lima pasang kelenjar susu dimana puting susu sedangkan pada jantan tidak dijumpai (Muliani, 2011).



Gambar 2.9 Mencit (*Mus musculus*)

Mencit (*Mus Musculus*) banyak digunakan sebagai hewan coba dalam suatu penelitian karena memiliki siklus hidup yang relatif pendek, jumlah anak per kelahirannya sangat banyak, sifatnya tinggi, mudah untuk ditangani dan memiliki sifat anatomis dan fisiologinya mewakili kelas mamalia dengan sistem reproduksi, pernapasan dan peredaran darah yang menyerupai manusia. Lama hidup mencit ini

berkisar 1 sampai 3 tahun dengan produktivitas seksualnya berlangsung selama 7 hingga 8 bulan dengan anak yang dihasilkan sebanyak 6 sampai 7 anak/kelahiran (Tolistiawaty, Widjaja, Sumolang, & Octaviani, 2014). Poliestrus merupakan sifat reproduksi pada mencit yang berlangsung hingga lima hari dan estrus selama 12 hingga 14 jam dengan masa kehamilan yang pendek yaitu selama 18 hingga 21 hari, masa aktifitas reproduksi ini terjadi selama 2 hingga 14 bulan. Galur *Mus musculus* untuk percobaan di laboratorium sekarang ini adalah keturunan dari *Mus musculus* liar yang sudah melalui peternakan selektif (Muliani, 2011).



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dengan judul “Pengaruh Pemberian Antioksidan Ekstrak Kulit Manggis (*Garcinia mangostana*L) terhadap Gambaran Histologi Kerusakan Organ Hati dari Mencit (*Mus musculus*) yang Terpapar Radiasi Gelombang Elektromagnetik Telepon Seluler” dilaksanakan dari bulan Januari sampai bulan September 2018 di Laboratorium Fisiologi Hewan dan Laboratorium Hewan Coba Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang.

3.2 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini digunakan beberapa alat yaitu kandang mencit, kandang paparan, timbangan digital, mikroskop komputer xSZ-107BN, alat-alat bedah, alat sonde, alat preparasi, mikrotom, serta 4 buah telepon seluler berbasis android. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu mencit (*Mus musculus*) jantan dengan usia 2-3 bulan, sekam, pewarna HE (Hemaktosilin-Erosin), entellan, NaCl 0,9%, aquades, formalin 10%, *xylol*, serta ekstrak kulit manggis.

1.3 Alur Penelitian

3.3.1 Persiapan Sampel

a. Persiapan Hewan Uji Coba Mencit

Hewan uji coba mencit berkelamin jantan dengan usia 2-3 bulan dipersiapkan pada kandang yang telah diberi sekam, makanan serta minuman untuk pemeliharannya. Jumlah mencit yang digunakan sebanyak 55 ekor. Dimana setiap perlakuan yang diberikan digunakan 5 ekor mencit yang telah diaklimatisasi di laboratorium selama 7 hari untuk

menyesuaikan dan menyeragamkan kondisi mencit sebelum dilakukan perlakuan. Mencit yang digunakan dibagi menjadi 3 kelompok yaitu:



1. Kelompok Kontrol (K)

Pada kelompok ini mencit sebagai variabel kontrol sebanyak 5 ekor tidak diberi perlakuan apapun baik paparan maupun antioksidan.

2. Kelompok Paparan Negatif (P-)

Mencit kelompok paparan negatif diberi radiasi gelombang elektromagnetik dengan waktu paparan yang bervariasi tanpa pemberian antioksidan dengan jumlah mencit yang digunakan sebanyak 25 ekor.

3. Kelompok Paparan Positif (P+)

Pada kelompok ini mencit diberikan paparan radiasi gelombang elektromagnetik dengan waktu yang menghasilkan persentase kerusakan terbesar serta diberikan antioksidan ekstrak kulit manggis dengan dosis yang bervariasi. Jumlah mencit yang digunakan 25 ekor.

- b. Perhitungan Dosis Antioksidan

Pada Tabel 3.1 ini menjelaskan tentang konversi perhitungan dosis untuk berbagai jenis hewan dan manusia dimana untuk manusia dengan berat 70 kg terhadap mencit dengan berat badan 20 kg memiliki konversi sebesar 0,0026.

Tabel 3.1 Konversi Perhitungan Dosis Hewan dan Manusia

| Tidak diketahui / Diketahui | 20-g Mencit | 200-g Tikus | 400-g Babi | 1,5-Kg Kelinci | 2-Kg Kucing | 4-Kg Monyet | 12-Kg Anjing | 70-Kg Manusia |
|-----------------------------|-------------|-------------|------------|----------------|-------------|-------------|--------------|---------------|
| 20-g Mencit | 1 | 7 | 12.26 | 27.8 | 29 | 64.1 | 124.2 | 389.9 |
| 200-g Tikus | 0.14 | 1 | 1.74 | 3.9 | 4.2 | 9.2 | 17.8 | 56 |
| 400-g Babi | 0.08 | 0.57 | 1 | 2.25 | 2.4 | 5.2 | 10.2 | 31.5 |
| 1.5-Kg Kelinci | 0.04 | 0.25 | 0.44 | 1 | 1.08 | 2.4 | 4.5 | 14.2 |
| 2-Kg Kucing | 0.03 | 0.23 | 0.41 | 0.92 | 1 | 2.2 | 4.1 | 13 |
| 4-Kg Monyet | 0.016 | 0.11 | 0.19 | 0.42 | 0.45 | 1 | 1.9 | 6.1 |
| 12-Kg Anjing | 0.08 | 0.06 | 0.1 | 0.22 | 0.24 | 0.52 | 1 | 3.1 |
| 70-Kg Manusia | 0.0026 | 0.018 | 0.031 | 0.07 | 0.076 | 0.16 | 0.32 | 1 |

(Harmita & Radji, 2008).

Dosis ekstrak kulit manggis yang diberikan kepada mencit dapat dihitung dengan persamaan 3 berikut ini:

$$Dosis\ ke\ mencit = \frac{kebutuhan\ manusia\ perhari \times 0,0026}{\dots 3}$$

Berdasarkan hasil dari perhitungan yang mengacu pada table konversi dan rumus diatas didapatkan dosis ekstrak kulit manggis untuk mencit secara bertingkat sebesar 4,72; 5,22; 5,72; 6,22 dan 6,72 mg.

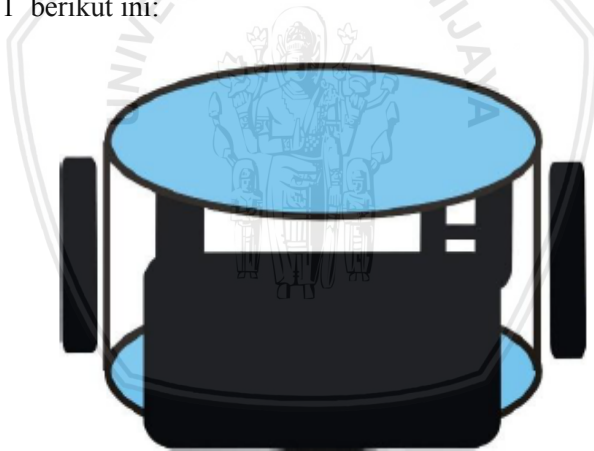
c. Persiapan Ekstrak Kulit Manggis

Untuk ekstrak kulit manggis yang diberikan kepada mencit ini merupakan ekstrak kulit manggis yang telah dikemas dan dijual dipasaran dalam bentuk serbuk sehingga untuk penggunaannya dapat dilarutkan dengan aquades sebelum diberikan kepada mencit. Pemberian ekstrak kulit manggis yang telah dilarutkan dengan penambahan aquades ini dengan metode sonde lambung yang dimasukkan melalui mulut mencit. Dosis yang diberikan ini selain sesuai dengan

berat badan mencit juga dengan kadar konsentrasi dosis yang berbeda-beda.

3.3.2 Perlakuan Hewan Uji Coba

Perlakuan pada mencit ini pertama-tama mencit diletakkan pada sebuah wadah kecil yang dapat ditempati oleh 5 ekor mencit sebagai tempat paparan radiasi. Selanjutnya mencit diberi paparan radiasi gelombang elektromagnetik telepon seluler dengan variasi lama paparan 15, 30, 45, 60 dan 75 menit dengan menggunakan 4 buah telepon seluler, perlakuan ini dilakukan selama 21 hari dengan pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan. Pada perlakuan ini telepon ini diletakkan pada sisi-sisi wadah dengan diameter 17 cm dan tinggi 9 cm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 berikut ini:



Gambar 3.1 Konfigurasi Sumber Radiasi Gelombang Elektromagnetik Telepon Seluler

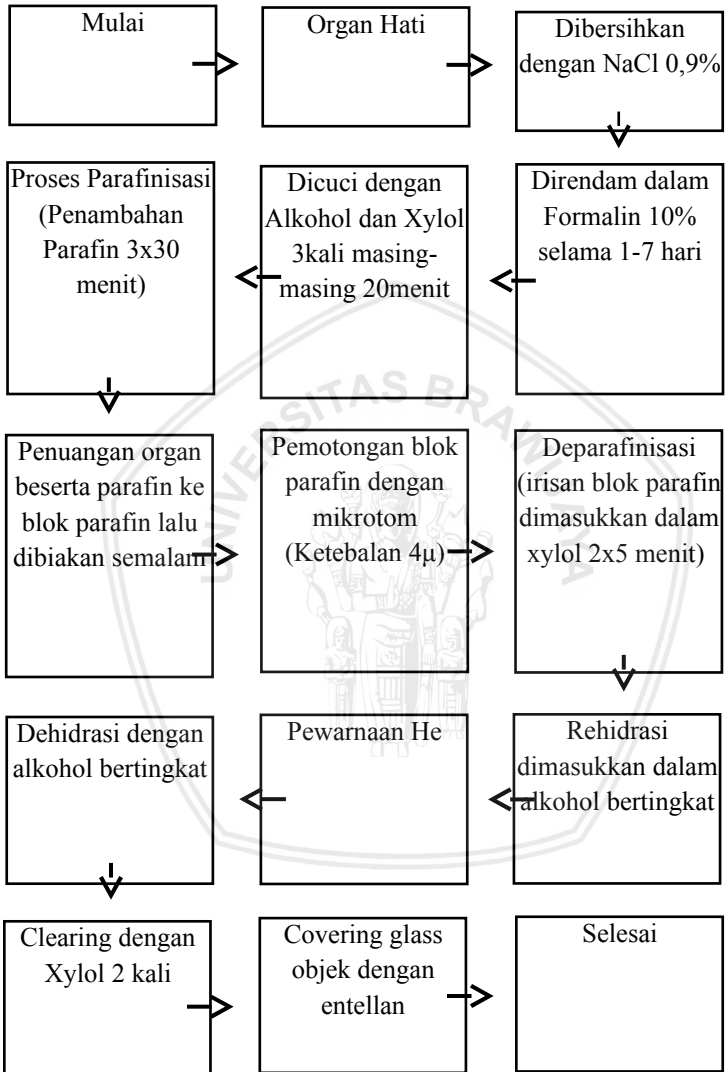
3.4 Pengukuran Sampel

3.4.1 Pembuatan Preparat Histologi

Untuk dapat melakukan pengamatan kerusakan organ hati pada mikroskop dengan dilakukannya pembuatan preparat terlebih dahulu. Pembuatan preparat atau preparasi ini memerlukan beberapa tahapan seperti pada Gambar 3.2 berikut ini:



Pembuatan preparat organ hati sebagai berikut:



Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan Preparat

3.4.2 Perhitungan Kerusakan Organ Hati

Variabel kerusakan organ hati yang diamati pada penelitian ini adalah kerusakan mikroskopis yang meliputi vena sentralis, degenerasi parenkim, inti piknotik dan sel binuklear. Pada masing-masing lapang pandang dihitung jumlah sel hati meliputi vena sentralis dan hepatosit yang mengalami kerusakan, pengamatan ini dilakukan menggunakan software *Image Raster* dan diolah menggunakan *Microsoft office excel*. Perhitungan persentase dari kerusakan sel hepatosit organ hati mencit menggunakan persamaan 4 sehingga dapat digunakan untuk menentukan grafik yang diinginkan.

$$\%Kerusakan\ sel = \frac{\sum\ sel\ rusak}{\sum\ sel\ dalam\ 1\ lapangan\ pandang} \times 100$$

.....4

Sedangkan untuk menghitung kerusakan vena sentralis digunakan sistem skoring berikut:

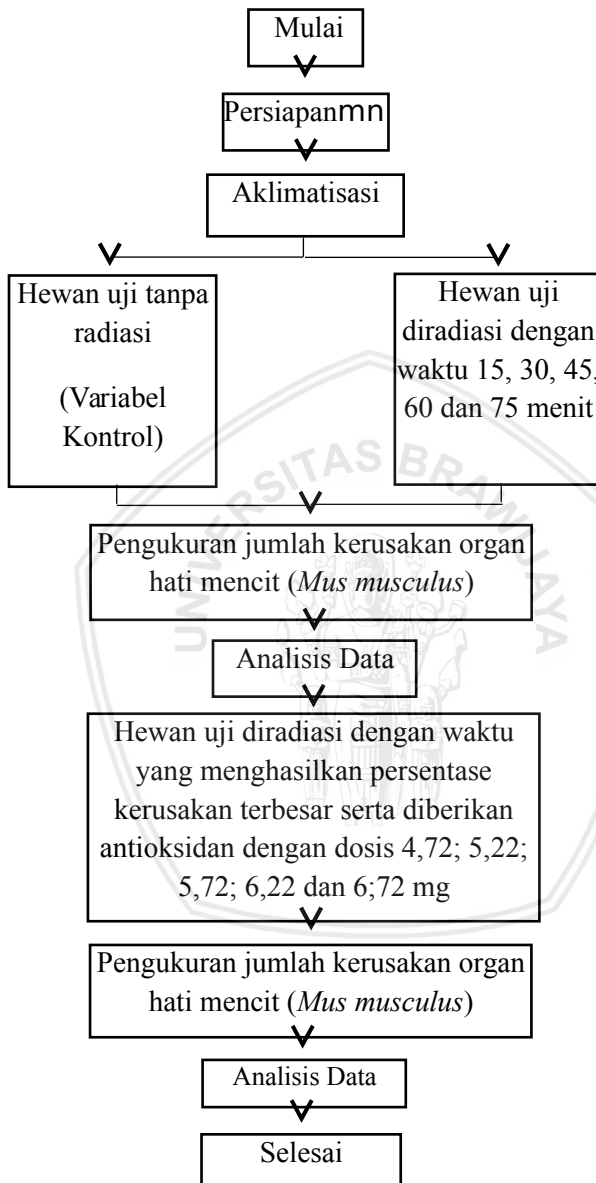
- 0 = bila vena sentralis bersih, tidak ditemukan pecah pada dinding dan penggumpalan darah.
- 1 = bila ditemukan penggumpalan darah, namun tidak ditemukan pecahnya dinding vena sentralis.
- 2 = bila ditemukan pecahnya dinding vena sentralis namun tidak ada penggumpalan darah.
- 3 = bila ditemukan pecahnya dinding vena sentralis dan adanya penggumpalan darah.

3.5 Analisa Data

Analisa data yang digunakan pada penelitian ini berbentuk trend grafik antara lama waktu pemaparan radiasi telepon seluler dan dosis antioksidan yang diberikan terhadap persentase kerusakan organ hati mencit. Sehingga dari

korelasi tersebut didapatkan hubungan antara persentase kerusakan sel pada hati mencit dengan kenaikan lama waktu paparan serta dosis antioksidan yang diberikan kepada mencit (*Mus musculus*). Alur penelitian yang dilakukan dan disajikan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 3.3 sebagai berikut:





Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Gambaran histologi organ hati mencit yang diamati menggunakan mikroskop komputer xSZ-107BN dengan perbesaran total 100X dilakukan untuk melihat keadaan sel hepatosit yang diamati. Digunakan pula software *Image Raster* untuk menganalisa berbagai macam jenis kerusakan yang terjadi pada histologi hati kelompok kontrol, paparan negatif serta paparan positif.

Vena sentralis adalah suatu vena yang tersusun dari sel endotel dan tunika eksterna, pada tunika eksterna inilah yang mengatur diameter vena sentralis karena terdiri dari serat kolagen dan otot polos. Vena sentralis merupakan tempat menampung sel darah merah dari vena porta sehingga banyak terdapat sel darah merah didalamnya. Vena berfungsi mengalirkan darah kembali ke jantung. Dinding yang sangat tipis menyebabkan vena memiliki tekanan yang sangat rendah. Vena sentralis normal memiliki histologi berbentuk bulat dan bersih. Kerusakan pada vena sentralis yang ditemukan pada penelitian ini adalah pecahnya dinding vena sentralis dan terjadinya penggumpalan darah. Kerusakan pada vena sentralis dapat diakibatkan karena terlalu banyak darah yang ditampung sehingga memungkinkan konsentrasi dari zat toksik semakin besar sehingga dapat memperjelas kerusakan yang terjadi pada vena sentralis serta terdapat penyumbatan pada vena hepatica (Julio et al., 2013).

Sel hepatosit adalah salah satu sel parenkim utama pada organ hati yang memiliki berat 80% dari berat hati itu sendiri

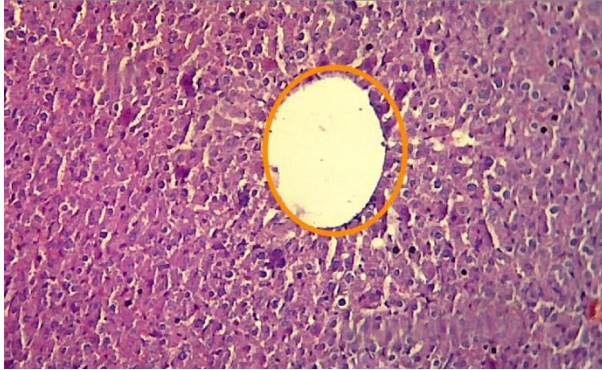
serta berperan penting pada proses metabolisme. Setelah dilakukannya pengamatan pada sel hepatosit organ hati mencit (*Mus musculus*) menunjukkan bahwa paparan radiasi gelombang elektromagnetik telepon seluler menyebabkan kerusakan pada sel hepatosit organ hati karena didapatkan beberapa jenis kerusakan yang terjadi baik pada kelompok kontrol, paparan negatif maupun paparan positif. Jenis kerusakan organ hati mencit (*Mus musculus*) yang ditemukan pada penelitian ini meliputi inti piknotik, sel binuklear dan degenerasi parenkim.

Sel hepatosit secara mikroskopis memiliki inti yang bulat sitoplasma yang jernih dan tersusun secara radier ke arah vena sentralis. Sel hepatosit dibagi menjadi 3 zona yang memiliki pengaruh dan perlakuan yang berbeda terhadap materi yang melewatinya sehingga menyebabkan kondisi kerusakan hepatosit dan munculnya penyakit hati yang berbeda. Pada zona 1 adalah daerah yang menerima darah kaya oksigen serta nutrisi sehingga mampu bertahan lebih baik terhadap xenobiotik, hal ini dapat dibuktikan dengan proses regenerasi pada zona ini sangat tinggi. setelah melewati zona 1 maka darah akan masuk pada zona 2 dimana pada zona ini bekerja merespon hasil dari zona 1 berupa hasil metabolit yang telah disekresikan serta oksigen dan nutrisi yang lebih rendah yang kemudian menyebabkan pada zona 2 rentan mengalami kerusakan dan laju regenerasi selnya lebih rendah. Selanjutnya pada zona 3 adalah zona yang terakhir menerima zat hasil metabolisme dari zona 1 dan 2 sehingga darah yang mengalir pada zona ini lebih rendah kadar oksigen dan nutrisinya paling rendah sehingga sel hepatosit pada zona ini rentan mengalami nekrosis (Kaniawati, 2012).

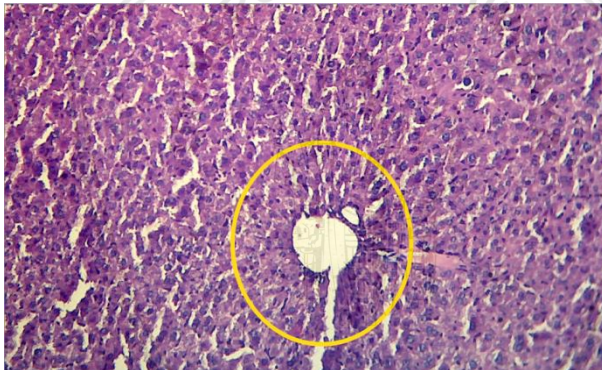
Degenerasi parenkim atau biasa disebut *cloudy swelling* karena terbentuknya vakuola-vakuola yang terlihat seperti berawan serta pada sitoplasma terdapat granular dan memiliki ukuran sel yang lebih besar dari sel normal dikarenakan pada degenerasi parenkim ini selnya menjadi bengkak. Pembengkakan sel ini diakibatkan adanya kegagalan oksidasi yang mempengaruhi transport protein yang diproduksi oleh ribosom terganggu, sehingga menyebabkan penimbunan air di dalam sel yang mengakibatkan sel membengkak. Endapan protein inilah yang menyebabkan munculnya granular-glanular pada sitoplasma (Januar, Yusfiati, & Fitmawati, 2014).

Ketika suatu sel hepatosit terus menerus terkena rangsangan zat toksik maka sel tersebut akan mengalami nekrosis atau kematian sel. Terbentuknya nekrosis ditandai dengan munculnya inti piknotik. Inti piknotik merupakan fase awal dari kematian sel (nekrosis) yang dapat diamati ketika suatu sel memiliki bagian inti yang sangat gelap dan menutupi seluruh bagian inti sel sehingga terlihat inti selnya menghilang. Hal ini dapat diakibatkan karena rusaknya membran yang kemudian diikuti oleh aparatus golgi dan mitokondria sehingga sel tidak dapat lagi mengeliminasi air dan trigliserida yang kemudian akan tertimbun pada sitoplasma (Julio et al., 2013).

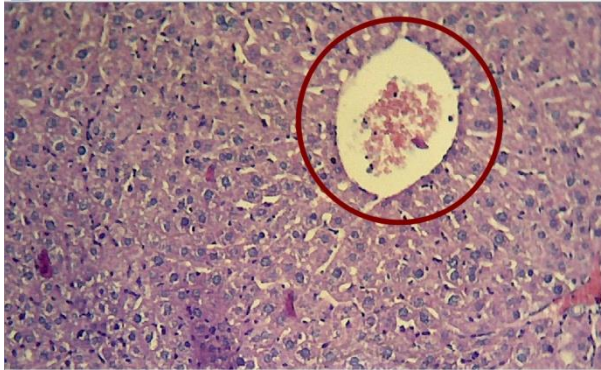
4.1.1 Pengamatan Gambaran Histologi Vena Sentralis Organ Hati Mencit (*Mus musculus*)



Gambar 4.1 Gambaran Histologi Vena Sentralis Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) Normal.



Gambar 4.2 Gambaran Histologi Vena Sentralis Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) Terjadi Pecah Dinding.



Gambar 4.3 Gambaran Histologi Vena Sentralis Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) Terjadi Penggumpalan darah.



Gambar 4.4 Gambaran Histologi Vena Sentralis Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) Terjadi Pecah Dinding dan Penggumpalan darah.

Dari hasil pengamatan didapatkan bahwa kerusakan vena sentralis ada 3 yaitu pecahnya dinding vena sentralis, penggumpalan darah dan terjadi pecah dinding dan penggumpalan darah. Penggumpalan darah dan pecahnya

dinding vena dapat diakibatkan karena kelebihan volume darah pada suatu bagian pembuluh darah.

Dari hasil pengamatan 25 vena sentralis yang diamati untuk masing-masing perlakuan, didapatkan bahwa untuk kelompok kontrol masih didominasi dengan vena sentralis normal, meskipun ada beberapa kerusakan seperti pecahnya dinding vena namun tidak begitu signifikan sehingga pada paparan ini didominasi dengan skor 0. Sedangkan pada kelompok paparan negatif untuk lama paparan 15 menit ditemukan vena sentralis normal dan kerusakan yang berupa pecahnya dinding vena serta adanya penggumpalan darah pada vena, sehingga pada paparan ini didominasi dengan skor 1 dan 2. Hal yang sama terjadi pada lama paparan 30 menit yang didominasi dengan skor 1 dan 2 dengan jumlah yang berbeda. Pada lama paparan 45 menit telah ditemukannya kerusakan vena sentralis berupa pecahnya dinding yang diikuti dengan penggumpalan darah sehingga pada lama paparan 45 menit ini didominasi oleh skor 1, 2 dan 3 meskipun tetap ditemukan skor 0 dalam jumlah yang sedikit. Pada lama paparan 60 menit telah didominasi dengan skor kerusakan 1, 2 dan 3 serta sudah tidak ditemukannya sel normal pada hasil pengamatan. Sedangkan pada lama paparan 75 menit didominasi oleh skor 3 dengan hanya ditemukan satu vena sentralis dengan skor 2.

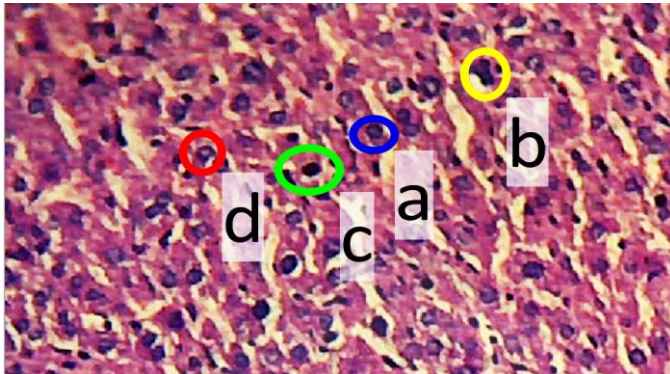
Kerusakan vena sentralis paling banyak ditemukan pada paparan radiasi gelombang elektromagnetik pada waktu 75 menit. Sehingga pada waktu paparan tersebut dilakukan kembali untuk kelompok paparan positif dengan dosis antioksidan yang berbeda-beda.

Pada dosis 4.72 mg terjadi penurunan skor yang sangat signifikan dari dosis 0 yang mengacu pada paparan negatif dengan waktu 75 menit, pada dosis ini ditemukan skor 0, 1 dan

2 yang lebih didominasi dengan skor 1. Sedangkan pada dosis lainnya hanya memiliki sedikit perbedaan nilai skor yang ditemukan.

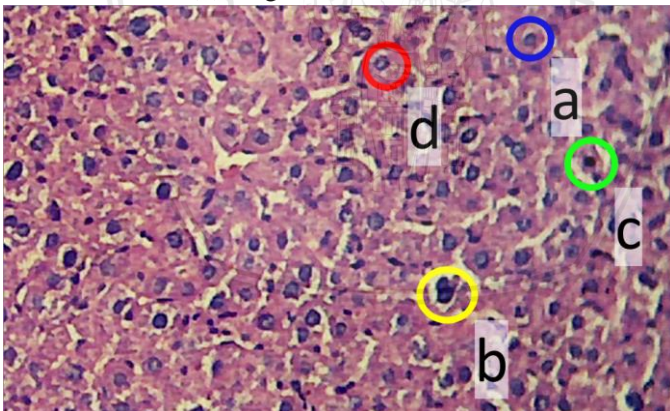


4.1.2 Pengamatan Gambaran Histologi Sel Hepatosit Organ Hati Mencit (*Mus musculus*)



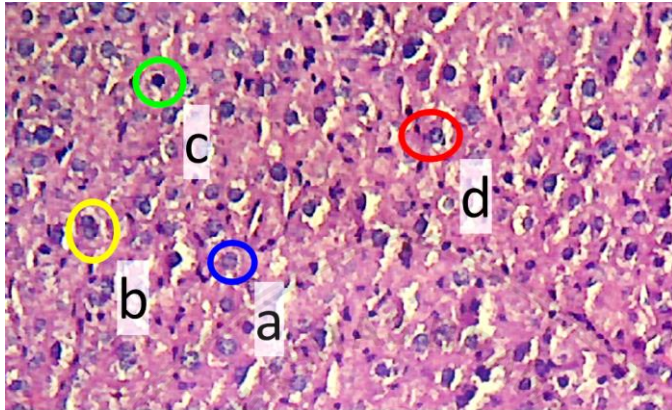
Gambar 4.5 Gambaran Histologi Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) Kelompok Kontrol.

Keterangan : (a) Sel Normal, (b) Sel Binuklear, (c) Inti Piknotik dan (d) Degenerasi Parenkim



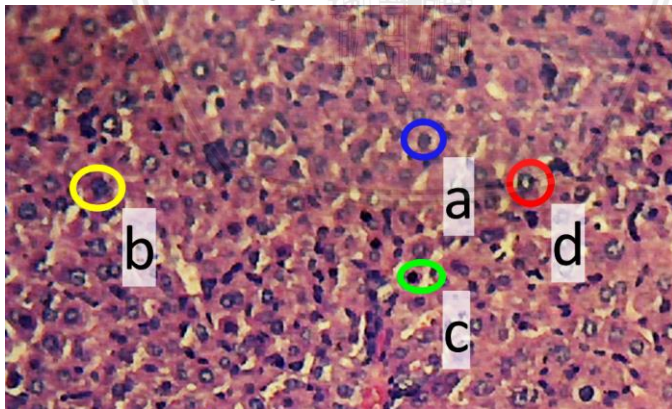
Gambar 4.6 Gambaran Histologi Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) Kelompok Paparan Negatif dengan Waktu 15 Menit.

Keterangan : (a) Sel Normal, (b) Sel Binuklear, (c) Inti Piknotik dan (d) Degenerasi Parenkim



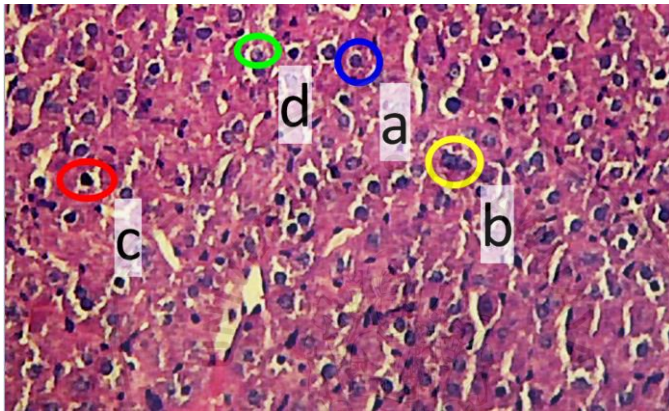
Gambar 4.7 Gambaran Histologi Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) Kelompok Paparan Negatif dengan Waktu 30 Menit.

Keterangan : (a) Sel Normal, (b) Sel Binuklear, (c) Inti Piknotik dan (d) Degenerasi Parenkim



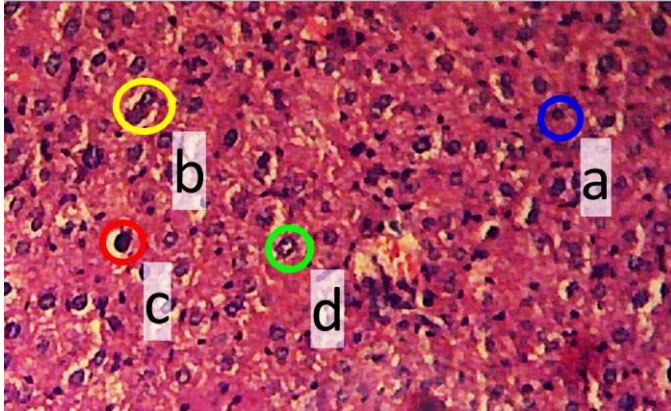
Gambar 4.8 Gambaran Histologi Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) Kelompok Paparan Negatif dengan Waktu 45 Menit.

Keterangan : (a) Sel Normal, (b) Sel Binuklear, (c) Inti Piknotik dan (d) Degenerasi Parenkim



Gambar 4.9 Gambaran Histologi Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) Kelompok Paparan Negatif dengan Waktu 60 Menit.

Keterangan : (a) Sel Normal, (b) Sel Binuklear, (c) Inti Piknotik dan (d) Degenerasi Parenkim



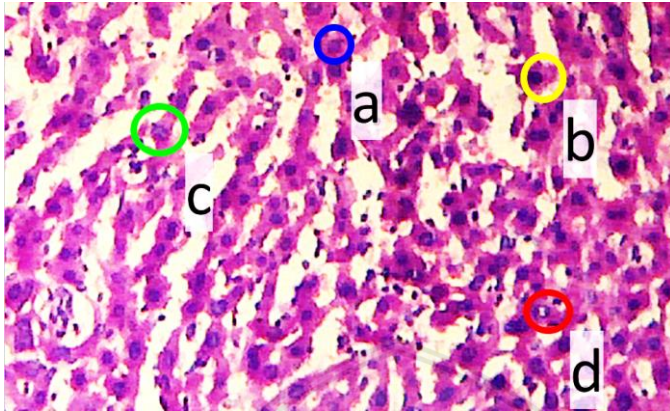
Gambar 4.10 Gambaran Histologi Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) Kelompok Paparan Negatif dengan Waktu 75 Menit.

Keterangan : (a) Sel Normal, (b) Sel Binuklear, (c) Inti Piknotik dan (d) Degenerasi Parenkim

Pada gambar hasil pengamatan secara mikroskopis yang ditunjukkan Gambar 4.5 menunjukkan bahwa pada kelompok kontrol (tanpa pemberian paparan maupun antioksidan) ditemukan sedikit kerusakan sel hepatosit meliputi inti piknotik, degenerasi parenkim dan sel binuklear namun kerusakan-kerusakan ini masih didominasi oleh sel normal. Pada Gambar 4.6 hingga Gambar 4.10 menunjukkan bahwa pada kelompok paparan negatif (pemberian paparan dengan variasi waktu tanpa pemberian antioksidan) dapat diamati semakin lama waktu paparan radiasi elektromagnetik telepon seluler yang diberikan maka kerusakan yang dihasilkan semakin besar baik itu untuk inti piknotik, degenerasi parenkim maupun sel binuklear, hal ini dapat disebabkan karena banyaknya senyawa xenobiotik yang dibawa oleh darah dipengaruhi oleh lama paparan yang diberikan. Dari

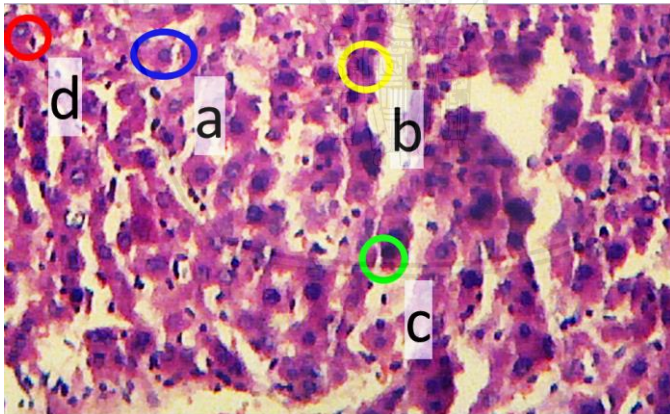
pengamatan dan perhitungan pada paparan negatif diperoleh kerusakan sel hepatosit yang meliputi inti piknotik, sel binuklear dan degenerasi parenkim terbanyak adalah pada paparan dengan waktu 75 menit. Karena kerusakan yang dihasilkan pada paparan dengan waktu 75 menit ini sehingga diperlukan suatu senyawa antioksidan yang dapat meminimalisir tingkat kerusakan pada waktu tersebut. Gambaran mikroskopis organ hati mencit yang diberi variasi dosis antioksidan ekstrak kulit manggis serta paparan dengan waktu 75 menit sebagai berikut.





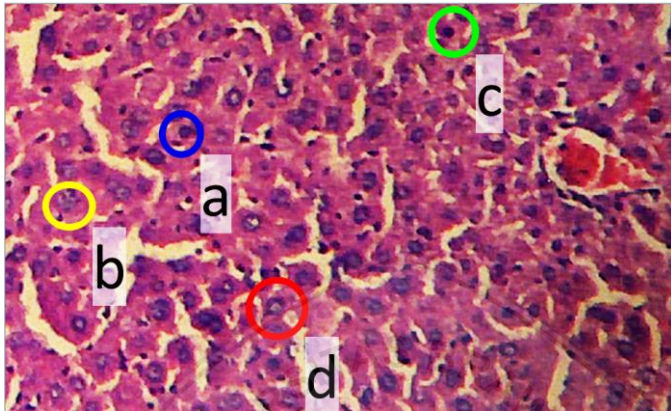
Gambar 4.11 Gambaran Histologi Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) Kelompok Paparan Positif dengan Dosis 4,72 mg.

Keterangan : (a) Sel Normal, (b) Sel Binuklear, (c) Inti Piknotik dan (d) Degenerasi Parenkim



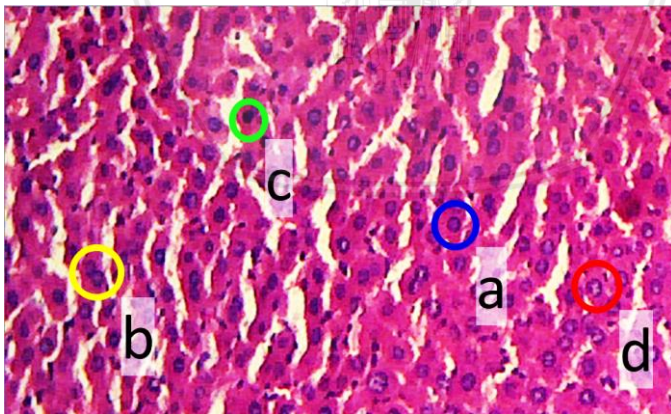
Gambar 4.12 Gambaran Histologi Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) Kelompok Paparan Positif dengan Dosis 5,22 mg.

Keterangan : (a) Sel Normal, (b) Sel Binuklear, (c) Inti Piknotik dan (d) Degenerasi Parenkim



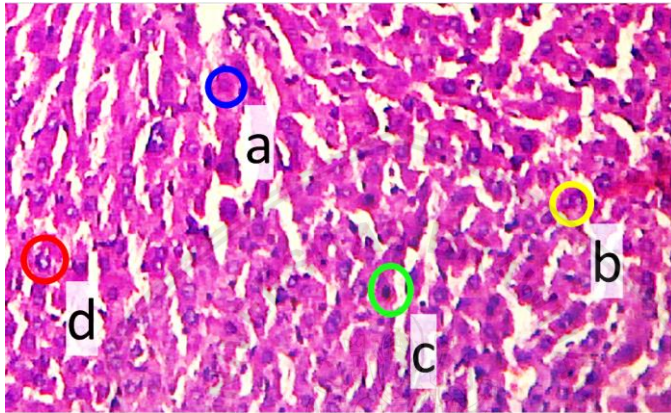
Gambar 4.13 Gambaran Histologi Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) Kelompok Paparan Positif dengan Dosis 5,72 mg.

Keterangan : (a) Sel Normal, (b) Sel Binuklear, (c) Inti Piknotik dan (d) Degenerasi Parenkim



Gambar 4.14 Gambaran Histologi Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) Kelompok Paparan Positif dengan Dosis 6,22 mg.

Keterangan : (a) Sel Normal, (b) Sel Binuklear, (c) Inti Piknotik dan (d) Degenerasi Parenkim



Gambar 4.15 Gambaran Histologi Organ Hati Mencit (*Mus musculus*) Kelompok Paparan Positif dengan Dosis 6,72 mg.

Keterangan : (a) Sel Normal, (b) Sel Binuklear, (c) Inti Piknotik dan (d) Degenerasi Parenkim.

Pada kelompok paparan positif (paparan dengan waktu 75 menit serta pemberian antioksidan ekstrak kulit manggis) yang ditunjukkan pada Gambar 4.11 hingga Gambar 4.15 digunakan 5 variasi dosis antioksidan yaitu sebesar 4,72 mg, 5,22 mg, 5,72 mg, 6,22 mg dan 6,72 mg untuk mengetahui tingkat keefektifan antioksidan ekstrak kulit manggis ini dalam mengurangi kerusakan sel hepatosit yang disebabkan oleh paparan radiasi gelombang elektromagnetik telepon seluler.

4.1.3 Perhitungan Kerusakan Vena Sentralis Organ Hati Mencit (*Mus musculus*)

Dari hasil pengamatan dan perhitungan jumlah vena sentralis organ hati mencit (*Mus musculus*) didapatkan hasil sebagai berikut ini:



Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Persentase Vena Sentralis
Kelompok Paparan Negatif

| Waktu | %Kerusakan | Deviasi |
|-------|------------|---------|
| 0 | 0,04 | 0 |
| 15 | 0,07 | 0,02 |
| 30 | 0,09 | 0,03 |
| 45 | 0,14 | 0,07 |
| 60 | 0,22 | 0,07 |
| 75 | 0,31 | 0,03 |

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Persentase Vena
Sentralis Kelompok Paparan Positif

| Dosis | %Kerusakan | Deviasi |
|-------|------------|---------|
| 0 | 0,31 | 0,03 |
| 4,72 | 0,11 | 0,04 |
| 5,22 | 0,12 | 0,04 |
| 5,72 | 0,09 | 0,04 |
| 6,22 | 0,08 | 0,03 |
| 6,72 | 0,06 | 0,02 |

Pada Tabel 4.1 didapatkan pada paparan waktu 0 adalah kelompok kontrol dengan persentase kerusakan sebesar 0,04% dan persentase kerusakan terbesar pada paparan radiasi gelombang elektromagnetik dengan waktu 75 menit yaitu sebesar 0,31%. Sehingga untuk perhitungan persentase vena sentralis kelompok paparan positif pada dosis 0 digunakan data yang mengacu pada paparan negatif dengan dosis 75 menit karena memiliki persentase kerusakan terbesar. Persentase kerusakan ini terdiri dari kerusakan pecahnya dinding vena sentralis, adanya penggumpalan darah dan pecahnya dinding vena sentralis yang diikuti dengan adanya penggumpalan

darah. Pada perhitungan persentase kerusakan vena sentralis didapatkan persentase kerusakan terkecil berada pada penambahan dosis 6,72 mg dengan persentase kerusakan sebesar 0,06%.



4.1.4 Perhitungan Kerusakan Sel Hepatosit Organ Hati Mencit (*Mus musculus*)

Dari hasil pengamatan dan perhitungan jumlah kerusakan sel hepatosit organ hati mencit (*Mus musculus*) didapatkan hasil sebagai berikut ini:

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Persentase Inti Piknotik
Kelompok Paparan Negatif

| Menit | %Kerusakan | Deviasi |
|-------|------------|---------|
| 0 | 1,68 | 0,31 |
| 15 | 2,38 | 0,55 |
| 30 | 3,25 | 0,45 |
| 45 | 4,58 | 0,86 |
| 60 | 6,20 | 0,78 |
| 75 | 8,02 | 1,27 |

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Persentase Sel Binuklear
Kelompok Paparan Negatif

| Menit | %Kerusakan | Deviasi |
|-------|------------|---------|
| 0 | 0,85 | 0,23 |
| 15 | 1,64 | 0,21 |
| 30 | 2,54 | 0,28 |
| 45 | 3,71 | 0,78 |
| 60 | 6,15 | 0,42 |
| 75 | 9,69 | 0,77 |

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Persentase Degenerasi Parenkim Kelompok Paparan Negatif

| Menit | %Kerusakan | Deviasi |
|-------|------------|---------|
| 0 | 1,56 | 0,47 |
| 15 | 3,75 | 0,27 |
| 30 | 5,67 | 0,53 |
| 45 | 10,70 | 0,93 |
| 60 | 17,30 | 1,37 |
| 75 | 35,20 | 1,77 |

Untuk data pada Tabel 4.3 hingga 4.5 pada 0 menit merupakan data kelompok kontrol karena pada kelompok tersebut tidak diberikan paparan maupun antioksidan sehingga data perhitungan pada kelompok kontrol digunakan sebagai paparan saat 0 menit dengan persentase inti piknotik sebesar 1,68%, sel binuklear sebesar 0,85% dan degenerasi parenkim sebesar 1,56%. Dari data diatas didapatkan bahwa semakin lama waktu paparan radiasi elektromagnetik telepon seluler maka persentase kerusakan yang dihasilkan semakin besar baik pada inti piknotik, sel binuklear maupun pada degenerasi parenkim menunjukkan hal yang sama. Sehingga digunakan persentase terbesar yaitu pada waktu paparan 75 menit untuk inti piknotik sebesar 8,02%, sel binuklear sebesar 9,69% dan degenerasi parenkim sebesar 35,20% untuk perlakuan paparan positif dengan pemberian dosis dengan 5 variasi sebagai berikut.

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Persentase Inti Piknotik
Kelompok Paparan Positif

| Dosis | %Kerusakan | Deviasi |
|-------|------------|---------|
| 0 | 8,02 | 1,27 |
| 4,72 | 3,22 | 0,32 |
| 5,22 | 2,93 | 0,51 |
| 5,72 | 2,55 | 0,53 |
| 6,22 | 2,23 | 0,48 |
| 6,72 | 1,84 | 0,45 |

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Persentase Sel Binuklear
Kelompok Paparan Positif

| Dosis | %Kerusakan | Deviasi |
|-------|------------|---------|
| 0 | 9,69 | 0,77 |
| 4,72 | 3,25 | 0,22 |
| 5,22 | 3,12 | 0,28 |
| 5,72 | 2,84 | 0,49 |
| 6,22 | 2,36 | 0,29 |
| 6,72 | 2,08 | 0,15 |

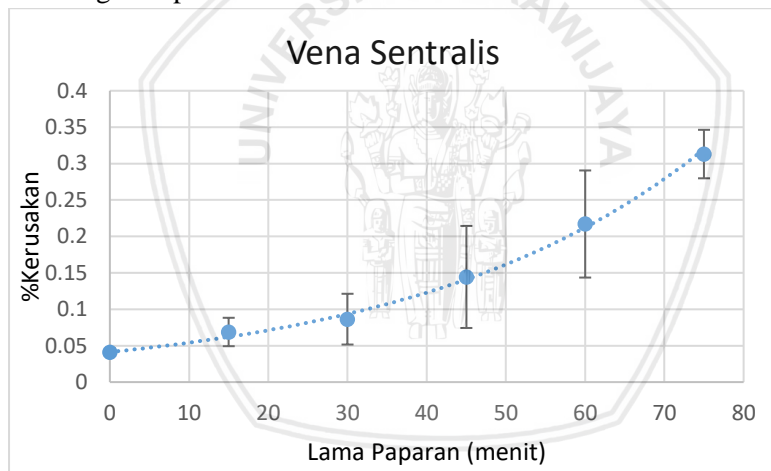
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Persentase Degenerasi
Parenkim Kelompok Paparan Positif

| Dosis | %Kerusakan | Deviasi |
|-------|------------|---------|
| 0 | 35,23 | 1,77 |
| 4,72 | 14,60 | 1,14 |
| 5,22 | 13,24 | 1,08 |
| 5,72 | 11,05 | 0,79 |
| 6,22 | 10,41 | 0,66 |
| 6,72 | 10,15 | 0,95 |

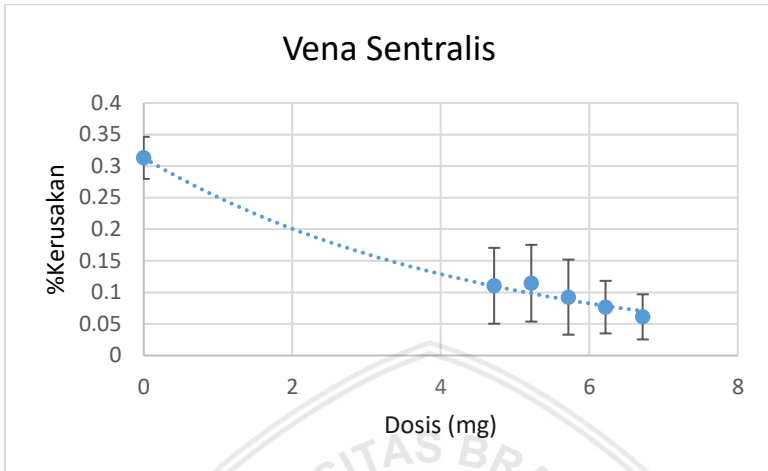
Untuk data pada Tabel 4.6 hingga 4.8 pada dosis 0 mengacu pada persentase kelompok paparan negatif dengan waktu 75 menit tanpa pemberian dosis antioksidan. Dari hasil perhitungan didapatkan persentase kerusakan terendah ada pada penambahan dosis 6,72 mg baik untuk inti piknotik, sel binuklear ataupun degenerasi parenkim dengan persentase kerusakan berturut-turut adalah 1,84%; 2,08% dan 10,15 %.

4.1.5 Grafik Kerusakan Vena Sentralis Organ Hati Mencit (*Mus musculus*)

Berdasarkan hasil perhitungan persentase kerusakan vena sentralis pada halaman sebelumnya, disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Grafik Kerusakan Vena Sentralis Organ Hati dari Kelompok Paparan Negatif



Gambar 4.17 Grafik Kerusakan Vena Sentralis Organ Hati dari Kelompok Paparan Positif

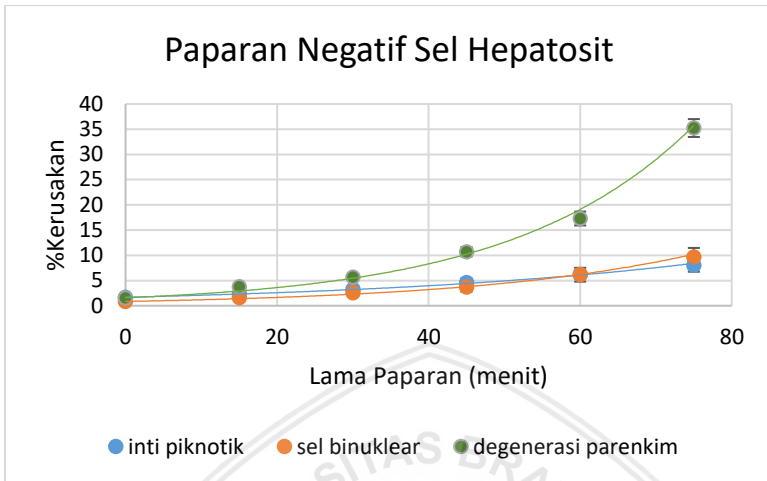
Grafik kerusakan vena sentralis organ hati dari kelompok paparan negatif yang disajikan pada Gambar 4.16 diatas dengan persamaan $y=0,0412e^{0,0273x}$ dan nilai koefisien korelasi sebesar $R^2 = 0,9936$ yang mengacu pada tabel dihalaman sebelumnya menunjukkan grafik eksponensial dengan persentase kerusakan semakin naik ketika waktu paparan semakin lama. Kerusakan terbesar dapat ditemui pada waktu paparan radiasi gelombang elektromagnetik dengan waktu paparan radiasi gelombang elektromagnetik dengan waktu 75 menit. Sedangkan untuk grafik kerusakan vena sentralis organ hati dari kelompok paparan positif yang disajikan pada Gambar 4.17 diatas dengan persamaan $y = 0,3131e^{-0,226x}$ dan nilai koefisien korelasi sebesar $R^2 = 0,9594$ menunjukkan penurunan kerusakan vena sentralis yang signifikan pada dosis 4.72 mg sehingga dosis inilah yang efektif untuk menurunkan kerusakan yang diakibatkan oleh paparan radiasi gelombang elektromagnetik telepon seluler.

Dosis 4.72 mg dapat dikatakan sebagai dosis efektif karena dengan dosis yang sedikit dapat menurunkan persentase kerusakan yang signifikan. Selisih persentase kerusakan antara dosis 4,72 mg, 5,22 mg, 5,72 mg, 6,22 mg dan 6,72 mg menghasilkan selisih persentase kerusakan yang tidak terlalu jauh sehingga jika diberikan penambahan dosis secara terus menerus akan menghasilkan pergeseran persentase kerusakan yang semakin kecil.

4.1.6 Grafik Kerusakan Sel Hepatosit Organ Hati Mencit (*Mus musculus*)

Mengacu pada hasil perhitungan persentase kerusakan pada halaman sebelumnya dari data tersebut disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut.

Grafik yang dihasilkan adalah grafik kerusakan sel hepatosit organ hati mencit (*Mus musculus*) tiap masing-masing jenis kerusakan yang ditemukan pada penelitian ini terdiri dari inti piknotik, sel binuklear dan degenerasi parenkim untuk kelompok paparan negatif.



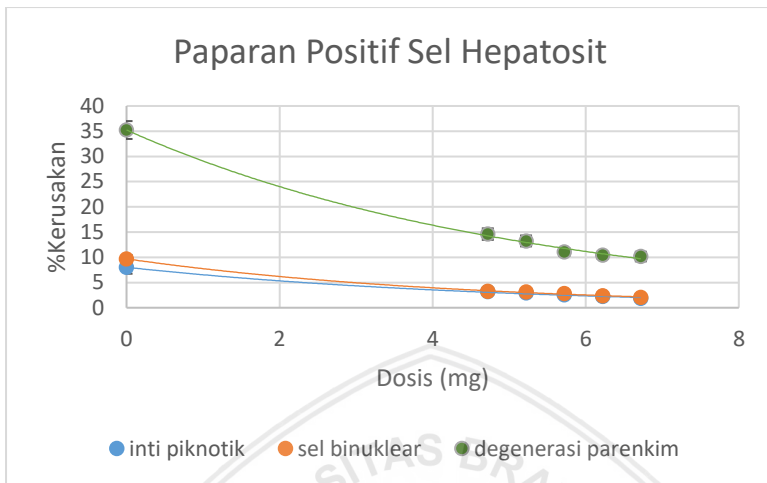
Gambar 4.18 Grafik Kerusakan Sel Hepatosit Organ Hati Kelompok Paparan Negatif

Pada Gambar 4.18 menyajikan grafik kerusakan sel hepatosit organ hati berupa inti piknotik dari kelompok paparan negatif yang ditampilkan memiliki nilai $y = 1,7264e^{0,021x}$ dengan besar nilai koefisien korelasi $R^2 = 0,998$. Pada grafik kerusakan sel hepatosit berupa sel binuklear memiliki nilai $y = 0,8488e^{0,0332x}$ dan koefisien korelasi sebesar $R^2 = 0,9901$. Sedangkan pada grafik kerusakan berupa degenerasi parenkim memiliki nilai $y = 1,5637e^{0,0417x}$ dan nilai koefisien korelasi $R^2 = 0,9879$.

Pada Gambar 4.18 dapat diamati bahwa persentase kerusakan sel hepatosit berupa inti piknotik, sel binuklear dan degenerasi parenkim menunjukkan nilai yang berbeda-beda, namun dapat diketahui bahwa semakin lamanya paparan radiasi gelombang elektromagnetik telepon seluler yang diberikan maka semakin meningkatnya kerusakan sel hepatosit pada organ hati menci. Pada Gambar 4.18 dapat diamati

persentase kerusakan sel berupa degenerasi parenkim memiliki persentase kerusakan yang paling tinggi dibandingkan dengan persentase kerusakan berupa inti piknotik dan sel binuklear, sehingga kerusakan sel akibat paparan negatif ini paling tinggi menyebabkan degenerasi parenkim. Persentase kerusakan terbesar dapat ditemui pada paparan yang diberikan dengan waktu 75 menit pada setiap jenis kerusakan sel hepatosit. Sehingga ketika dilakukan paparan dalam waktu lebih dari 75 menit dapat menyebabkan kerusakan sel hepatosit semakin meningkat, namun grafik yang dihasilkan adalah grafik eksponensial dikarenakan adanya pergeseran persentase kerusakan sel yang tidak terlalu signifikan karena sel hepatosit dapat mengalami regenerasi sel. Regenerasi sel ini dipengaruhi oleh adanya radikal bebas dan letak zona sel hepatosit tersebut sehingga setiap zona memiliki tingkat regenerasi yang berbeda-beda.

Untuk grafik paparan positif yaitu dengan mengacu pada data tabel perhitungan persentase kerusakan pada halaman sebelumnya yaitu dengan penggunaan pada dosis 0 adalah data pada paparan negatif dengan waktu 75 menit sehingga didapatkan grafik kerusakan-kerusakan sel hepatosit organ hati mencit sebagai berikut.



Gambar 4.19 Grafik Kerusakan Sel Hepatosit Organ Hati Kelompok Paparan Positif

Grafik yang ditampilkan pada Gambar 4.19 merupakan grafik kerusakan sel hepatosit berupa inti piknotik dengan fungsi $y = 8,021e^{-0,205x}$ dan nilai koefisien korelasi sebesar $R^2 = 0,9873$. Untuk grafik kerusakan sel hepatosit berupa sel binuklear dengan fungsi $y = 9,6924e^{-0,224x}$ dan nilai koefisien korelasi $R^2 = 0,9952$. Sedangkan untuk kerusakan degenerasi parenkim ditunjukkan pada grafik yang memiliki fungsi $y = 35,235e^{-0,192x}$ dan nilai koefisien korelasi sebesar $R^2 = 0,993$.

Dari grafik yang dihasilkan pada paparan positif dengan pemberian antioksidan ekstrak kulit manggis dengan pemberian dosis yang berbeda-beda, pada pemberian dosis 4,72 mg menunjukkan penurunan kerusakan sel hepatosit secara signifikan baik untuk inti piknotik, sel binuklear dan degenerasi parenkim menunjukkan hasil yang sama. Namun pada pemberian dosis 4,72 mg, 5,22 mg, 5,72 mg, 6,22 mg dan 6,72 mg menunjukkan selisih penurunan persentase kerusakan

yang tidak terlalu jauh. Sehingga dapat ditentukan dosis efektif adalah 4,72 mg karena dengan dosis yang sedikit dapat menurunkan persentase kerusakan sel hepatosit organ hati dengan signifikan dibandingkan dosis-dosis lainnya yang digunakan.

4.1.7 Perhitungan Kerusakan Total Organ Hati Mencit (*Mus musculus*)

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Persentase Kerusakan total Kelompok Paparan Negatif

| Waktu | %Kerusakan | Deviasi |
|-------|------------|---------|
| 0 | 4,25 | 0,69 |
| 15 | 7,80 | 0,75 |
| 30 | 11,59 | 1,01 |
| 45 | 19,13 | 1,87 |
| 60 | 30,09 | 2,17 |
| 75 | 53,15 | 2,41 |

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Persentase Kerusakan total Kelompok Paparan Positif

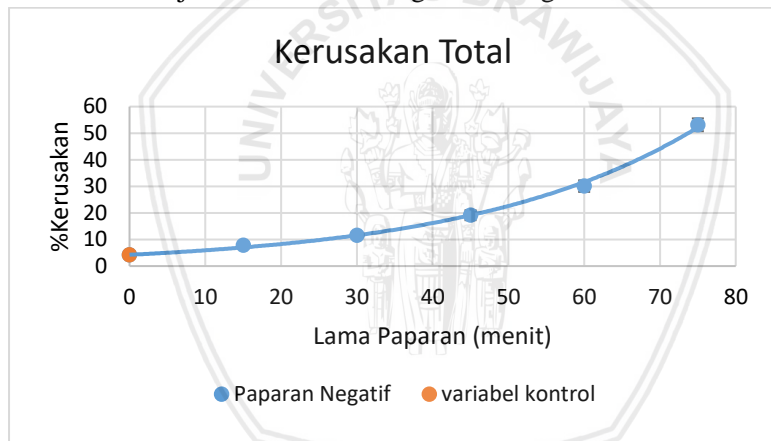
| Dosis | %Kerusakan | Deviasi |
|-------|------------|---------|
| 0 | 53,15 | 2,41 |
| 4,72 | 20,83 | 1,24 |
| 5,22 | 19,33 | 1,25 |
| 5,72 | 16,50 | 1,30 |
| 6,22 | 15,07 | 0,95 |
| 6,72 | 14,10 | 1,08 |

Perhitungan persentase kerusakan total pada Tabel 4.9 dan Tabel 4.10 merupakan penjumlahan kerusakan yang terdiri dari vena sentralis, inti piknotik, sel binuklear dan degenari

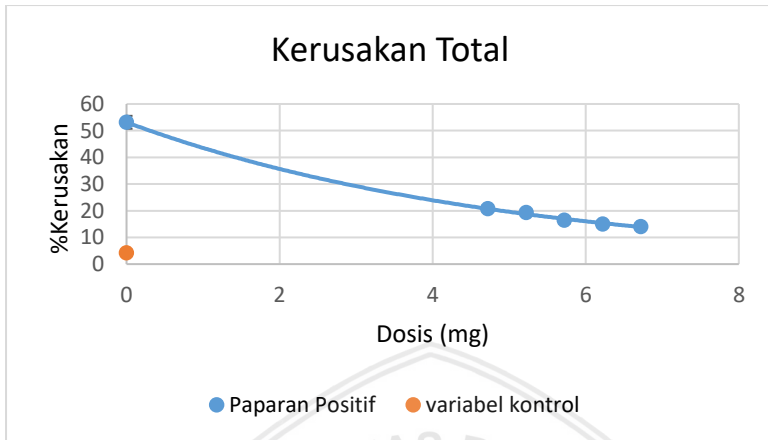
parenkim pada penelitian ini. Pada Tabel 4.8 dapat diamati bahwa kerusakan terbesar ditemui pada paparan radiasi gelombang elektromagnetik telepon seluler dengan waktu 75 menit sebesar 0,531521622% sehingga pada Tabel 4.9 untuk dosis 0 mg mengacu pada data paparan negatif dengan waktu 75 menit, dapat diamati bahwa semakin bertambahnya dosis antioksidan yang diberikan maka semakin kecil nilai persentase kerusakan yang dihasilkan.

4.1.8 Grafik Kerusakan Total Organ Hati Mencit (*Mus musculus*)

Dari hasil perhitungan persentase kerusakan total kemudian disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut.



Gambar 4.20 Grafik Kerusakan Total Organ Hati dari Kelompok Paparan Negatif



Gambar 4.21 Grafik Kerusakan Total Organ Hati dari Kelompok Paparan Positif

Pada Gambar 4.20 menampilkan grafik hasil perhitungan kerusakan total yang terjadi pada organ hati mencit (*Mus musculus*) dengan persamaan $y = 4,2468e^{0,0335x}$ dengan nilai koefisien korelasi sebesar $R^2 = 0,9967$ dari grafik tersebut menunjukkan bahwa kerusakan terbesar ada pada paparan dengan durasi 75 menit. Serta dapat diketahui bahwa semakin lama paparan radiasi gelombang elektromagnetik yang diberikan maka persentase kerusakan total organ hati semakin meningkat dari persentase kerusakan pada variable kontrol. Sedangkan pada Gambar 4.21 menyajikan grafik kerusakan total organ hati mencit (*Mus musculus*) pada kelompok paparan positif dengan persamaan $y = 53,152e^{-0,2x}$ dan nilai koefisien korelasi sebesar $R^2 = 0,9981$, pada grafik tersebut penurunan kerusakan total paling signifikan adalah saat pemberian dosis sebesar 4,72 mg sehingga dapat dikatakan sebagai dosis efektif karena dengan sedikit dosis yang diberikan dapat menurunkan persentase kerusakan yang sangat signifikan. Namun pada

pemberian dosis 4,72 mg, 5,22 mg, 5,72 mg, 6,22 mg dan 6,72 mg menunjukkan selisih penurunan persentase kerusakan yang tidak terlalu jauh.

Dari data dan grafik yang didapatkan pada penelitian ini dapat diprediksi bahwa nilai dari persentase kerusakan vena sentralis dan sel hepatosit akan terus meningkat secara eksponensial seiring dengan bertambahnya lama paparan hingga mencapai persentase kerusakan maksimum sebesar 100%. Serta pada pemberian antioksidan dapat diprediksi bahwa nilai persentase kerusakan sel baik untuk vena sentralis maupun sel hepatosit akan menurun seiring dengan bertambahnya dosis antioksidan yang diberikan secara eksponensial hingga mencapai persentase kerusakan yang minimum bahkan lebih kecil dari persentase kerusakan yang didapat pada variabel kontrol sehingga antioksidan tidak hanya dapat menurunkan persentase kerusakan yang diakibatkan oleh paparan radiasi gelombang elektromagnetik telepon seluler saja namun dapat memperbaiki sel-sel yang rusak pada variabel kontrol.

4.2 Pembahasan

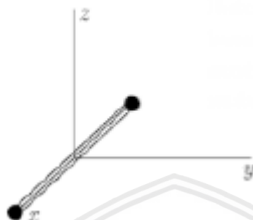
Jika tidak berhati-hati dalam penggunaannya ponsel memiliki radiasi yang cukup mematikan dalam jangka panjang. Berdasarkan penelitian sebelumnya, radiasi yang dihasilkan dari gelombang elektromagnetik telepon seluler dapat mematangkan sebutir telur seperti *microwave*. Radiasi yang dipancarkan dapat merusak molekul-molekul penting dalam tubuh (Idayati, 2011). Telepon seluler termasuk dalam gelombang mikro, gelombang ini akan menghasilkan panas ketika adanya interaksi antara energi gelombang mikro dengan materi biologis atau yang dikenal dengan efek termal. Semakin

tinggi temperatur yang dihasilkan maka semakin besar kemampuannya untuk memecah ikatan pada suatu molekul (Anies, 2005). Molekul dalam tubuh dapat berubah menjadi radikal bebas akibat pancaran radiasi elektromagnetik. Ketika radiasi gelombang elektromagnetik berinteraksi dengan molekul tubuh maka terjadi proses ionisasi ataupun eksitasi sehingga gerakan vibrasi dan rotasi akan kehilangan energinya, energi yang hilang ini menyebabkan kenaikan temperatur pada molekul tubuh melalui peningkatan rotasi atom yang kemudian akan menimbulkan efek biologis yang merugikan bagi tubuh. Karena radiasi gelombang elektromagnetik ini merambat kesegala arah sehingga intensitas radiasi yang ditimbulkan tidak berpengaruh terhadap jarak paparan radiasi (Anies, 2009).

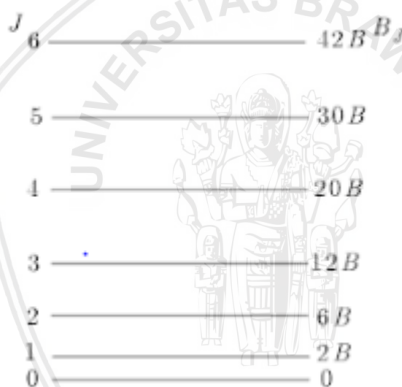
Gerakan molekul berupa vibrasi terjadi pada spektrum daerah inframerah dengan frekuensi 10^{13} Hz, penelitian ini menggunakan sumber radiasi gelombang elektromagnetik telepon seluler ada pada rentan gelombang mikro dengan frekuensi 10^{10} Hz sehingga yang menyebabkan munculnya panas dari hasil pergerakan molekulnya adalah gerak rotasi (Surya, 2009).

Sumber radiasi gelombang elektromagnetik telepon seluler termasuk dalam gelombang mikro yang dapat menyebabkan molekul-molekul dalam tubuh bergerak secara rotasi. Pada Gambar 4.22 adalah gambaran dari pergerakan rotasi molekul diatomik pada sebuah batang yang berada pada sumbu x dan berotasi pada sumbu y dan z . Energi gerak rotasi menghasilkan tingkatan-tingkatan energi rotasi yang dapat diamati pada Gambar 4.23 bahwa semakin besarnya nilai J akan menghasilkan energi rotasi yang besar pula. Namun ketika energi rotasi yang dihasilkan sangat besar maka gaya

sentrifugal sangat memengaruhi. Jika energi ikat molekul lebih kecil dari gaya sentrifugal maka molekul akan pecah menjadi atom atau ion yang kemudian menjadi suatu radikal bebas (Surya, 2009).



Gambar 4.22 Gerakan Rotasi Suatu Molekul



Gambar 4.23 Tingkat Energi Rotasi Molekul

(Surya, 2009).

Radikal bebas sangat reaktif membentuk senyawa radikal bebas baru ketika berinteraksi dengan molekul-molekul dalam tubuh sehingga akan terjadi reaksi berantai. Radikal bebas bereaksi dengan atom lain secara cepat untuk mengisi orbital yang tidak berpasangan sehingga radikal bebas akan berdiri sendiri dalam waktu yang singkat sebelum menyatu

dengan atom lain (Sinaga, 2016). Hal ini dapat dibuktikan pada penelitian ini untuk kelompok paparan negatif (dengan pemberian paparan radiasi tanpa penambahan antioksidan) menghasilkan persentase kerusakan semakin meningkat dengan bertambahnya waktu paparan radiasi yang diberikan. Sehingga pembentukan radikal bebas akan semakin besar pula yang kemudian menyebabkan persentase kerusakan sel semakin meningkat. Pada penelitian ini persentase kerusakan sel terbesar dihasilkan pada pemberian lama paparan yaitu 75 menit.

1. Penambahan : $x^0 + y \rightarrow (x-y)^0$
2. Donasi elektron : $x^0 + y \rightarrow y^{0-} + x^-$
3. Penghilangan elektron : $x^0 + y \rightarrow y^{0+} + x^-$

Gambar 4.24 Ringkasan Suatu Radikal Bebas Dibentuk (Yuslianti, 2018).

Suatu radikal bebas dapat dibentuk ketika reaksi berantai terjadi akibat mengambil ataupun bergabung dengan atom non radikal lainnya seperti pada Gambar 4.24. reaksi ini akan terus berlanjut hingga dihilangkan oleh antioksidan tubuh (Yuslianti, 2018).

Jika terjadi paparan secara terus menerus akan mengakibatkan stress, pada keadaan ini sistem saraf sensorik membawa rangsangan ke sistem saraf pusat hingga ke sistem limbik kemudian diteruskan pada hipotalamus, dimana hipotalamus ini yang akan mensekresi hormon kortisol yang berfungsi sebagai metabolisme lipid dan protein didalam hati (Yuslianti, 2018). Penumpukan radikal bebas adalah salah satu mekanisme yang berperan dalam kerusakan organ hati. Radikal bebas yang berlebihan mengakibatkan stres oksidatif yang memicu proses peroksidasi terhadap lipid, sehingga

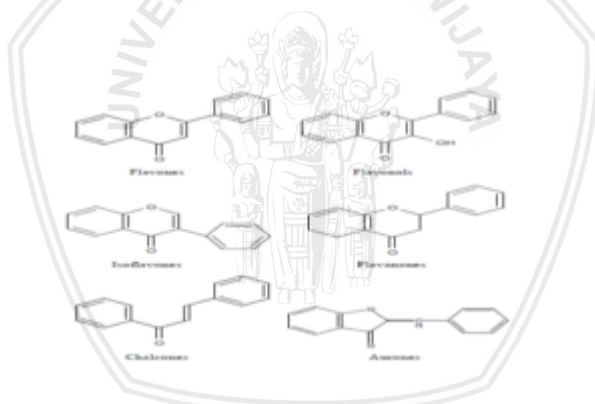
menimbulkan penyakit kanker, inflamasi, aterosklerosis dan mempercepat proses penuaan (Indahsari, 2017).

Hati merupakan pusat metabolisme tubuh dengan fungsi yang sangat kompleks serta menempati besar kuadran kanan atas abdomen. Hati sebagai tempat utama metabolisme atau sebagai biotransformasi yang menghasilkan substansi yang tidak aktif dan lebih larut dalam air sehingga dapat dengan mudah dan cepat untuk diekskresikan melalui empedu atau urin. Setiap gangguan hati dapat menghambat fungsi normal tubuh (Indahsari, 2017). Hati adalah organ yang sangat rentan mengalami kerusakan akibat masuknya bahan toksik. Bahan toksik dapat menyebabkan berbagai jenis efek seperti nekrosis, sirosis, steatosis dan kolestasis. Perubahan struktur histologi organ hati dapat dipengaruhi oleh masuknya senyawa tertentu ke dalam organ hati yang kemudian akan mengalami absorpsi, distribusi, metabolisme dan ekskresi di dalam tubuh (Wicaksono et al., 2015). Namun hati memiliki kemampuan untuk mengeluarkan toksikan dengan kapasitas yang lebih tinggi dalam proses biotransformasi toksikan akan tetapi paparan oleh bahan toksik yang berlebihan mengakibatkan kerusakan hepar (Prasetiawan et al., 1992).

Xanthone merupakan kandungan kimia yang terdapat pada kulit manggis sebagai antioksidan tingkat tinggi. Kandungan paling utama pada xanton ialah alfa-mangostin dan gamma-mangostin yang memiliki banyak manfaat dalam memberikan proteksi dari radikal bebas. Xanthone termasuk senyawa flavonoid dalam kelompok fenol yang banyak ditemukan dialam (Putri, 2015). Senyawa polifenol seperti flavonoid dapat menghambat reaksi oksidasi melalui mekanisme *radical scavenging* dengan cara memberikan satu elektron yang tidak berpasangan dalam radikal bebas sehingga

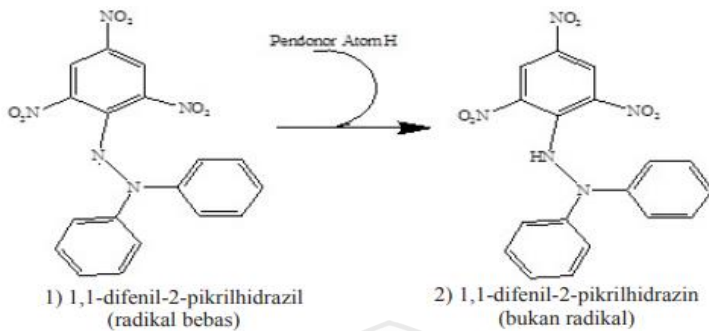
banyaknya radikal bebas yang berkurang seperti pada Gambar 4.26 (Fahmi et al., 2012).

Kemampuan senyawa xanthone untuk menghentikan radikal bebas dapat dibuktikan pada penelitian ini dengan kelompok paparan positif (pemberian paparan radiasi dan pemberian antioksidan) menghasilkan bahwa senyawa xanthone yang terdapat pada ekstrak kulit manggis dapat menurunkan persentase kerusakan yang diakibatkan oleh radiasi gelombang elektromagnetik telepon seluler yang sangat signifikan pada pemberian dosis pertama sebesar 4,72 mg, dan pada penambahan dosis lainnya yaitu sebesar 5,22 mg, 5,72 mg, 6,22 mg dan 6,72 mg menghasilkan persentase kerusakan yang terus menurun seiring bertambahnya dosis yang diberikan.



Gambar 4.25 Struktur Kimia Flavonoid

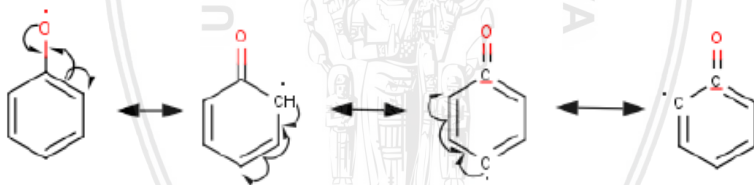
(Putri, 2015).



Gambar 4.26 Pendororan Atom H

(Cahyana & Pratiwi, 2015).

Karena pendonoran atom H yang terjadi menghasilkan suatu radikal bebas baru maka radikal bebas baru ini melakukan proses resonansi delokalisasi agar menjadi senyawa radikal yang tidak reaktif seperti pada Gambar 4.27 berikut.



Gambar 4.27 Proses Resonansi Radikal Bebas Fenol

(Yuslianti, 2018).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hati adalah organ penting pada tubuh. Ketika fungsi hati terganggu akibat banyaknya toksikan yang masuk ke hati ini dapat mempengaruhi metabolisme tubuh. Salah satu penyebab kerusakan sel hati adalah radiasi gelombang elektromagnetik telepon seluler. Pada penelitian ini kerusakan yang ditemukan pada organ hati akibat paparan radiasi gelombang elektromagnetik adalah pecahnya dinding vena sentralis, pembekuan darah pada vena sentralis serta rusaknya sel hepatosit seperti degenerasi parenkim, sel binuklear dan inti piknotik. Pada penelitian ini didapatkan bahwa semakin lamanya paparan radiasi yang diberikan, maka semakin besar persentase kerusakan yang dihasilkan. Kerusakan terbesar terjadi pada pemberian paparan radiasi selama 75 menit dengan persentase kerusakan total sebesar 53,15% dan dosis efektif yang diberikan untuk menurunkan persentase kerusakan adalah pada pemberian dosis 4.72 mg dengan persentase kerusakan total sebesar 20,83%.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya dapat digunakan sumber radiasi non pengion jenis lain. Digunakan variasi jarak antara sumber radiasi dengan medium ataupun antioksidan ekstrak kulit manggis dapat diganti dengan antioksidan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alatas, Z., & Lusiyanti, Y. (2001). EFEK KESEHATAN RADIASI NON PENGION PADA MANUSIA, *1*, 1–11.
- Anies. (2005). *Electrical Sensitivity*. Jakarta: Alex Media Komputindo.
- Anies. (2009). *Cepat Tua Akibat Radiasi*. Jakarta: PT Alex Media Komputindo.
- Cahyana, H., & Pratiwi, P. (2015). Sintesis Ramah Lingkungan Senyawa Imina Turunan Vanilin dan 2-Hidroksi Asetofenon Serta Uji Aktivitas Biologi dan Antioksidan, *2*(1).
- Cahyono, J. B. S. B. (2010). *Hepatitis B*. Yogyakarta: kanisius.
- Cairns, D. (2004). *INTISARI KIMIA FARMASI* (2nd ed.). Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Dewi, I.D.A.D.Y., Astuti, K. W. ., & Warditiani, N. . (2008). IDENTIFIKASI KANDUNGAN KIMIA EKSTRAK KULIT BUAH MANGGIS (*Garcinia mangostana L.*), 1–6.
- Enny. (2014). EFEK SAMPING PENGGUNAAN PONSEL, *17*(4), 178–183.
- Fahmi, M., Fahrimal, Y., Aliza, D., Budiman, H., Aisyah, S., & Hambal, M. (2012). GGAMBARAN HISTOPATOLOGIS HATI TIKUS (*Rattus novergicus*) YANG DIINFEKSI *Trypanosoma evansi* SETELAH PEMBERIAN EKSTRAK KULIT BATANG JALOH (*Salix tetrasperma Roxb*), *9*(2), 141–145.

- repository.ub.ac.id
- Gibson, J. (2004). *Fisiologi & Anatomi Modern untuk Perawat* (2nd ed.). Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Husain, M., & Makiyah, S. N. N. (2012). Pengaruh Paparan Gelombang Telepon Seluler Terhadap Struktur Histologi Limpa pada Mencit (*Mus musculus*), *20*(3), 167–173.
- Husen, S. A., Winarni, D., Ansori, A. N. M., & Susilo, R. J. K. (2016). POTENSI EKSTRAK KASAR KULIT BUAH MANGGIS (*Garcinia mangostana*, l) TERHADAP KADAR KOLESTEROL DAN KADAR GLUKOSA DARAH PUASA MENCIT DIABETIK, *VI*, 841–850.
- Idayati, R. (2011). JURNPENGARUH RADIASI HANDPHONE TERHADAP KESEHATAN Ratna, *II*(2), 115–120.
- Indahsari, N. K. (2017). HISTOPATOLOGI HEPAR TIKUS PUTIH (*Rattus Novergicus*) YANG DIINDUKSI DENGAN PARASETAMOL DOSIS TOKSIK PASCA PEMBERIAN EKSTRAK ETANOL DAUN KELOR (*Moringa Oleifera*), *2*(2), 123–130.
- Januar, R., Yusfiati, & Fitmawati. (2014). STRUKTUR MIKROSKOPIS HATI TIKUS PUTIH (*Rattus novergicus*) AKIBAT PEMBERIAN EKSTRAK TANAMAN *Tristanopsis whiteana* Griff. Rahmawati, *I*(2), 392–401.
- Julio, E., Busman, H., & Nurcahyani, N. (2013). STRUKTUR HISTOLOGIS HATI MENCIT (*Mus musculus* L.) SEBAGAI RESPON TERHADAP KEBISINGAN, *V*, 353–361.
- Kaniawati, S. D. (2012). *UJI POTENSI HEPATOPROTEKTIF SENYAWA DIMER DARI ISOEUGENOL TERHADAP HISTOLOGI HATI*
- UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MENCIT (MUS MUSCULUS) JANTAN GALUR DDY.
Universitas Indonesia.

- Kogoya, D. (2015). DAMPAK PENGGUNAAN HANDPHONE PADA MASYARAKAT Studi Pada Masyarakat Desa Piungun Kecamatan Gamelia Kabupaten Lanny Jaya Papua, *IV*(4).
- Kurniawan, B., & Wahyuni, I. (2008). Hubungan Radiasi Gelombang Elektromagnetik Dan Faktor Lain Dengan Keluhan Subyektif Pada Tenaga Kerja Industri Elektronik GE di Yogyakarta, *3*(2), 127–133.
- Mahardika, I. P. (2009). EFEK RADIASI GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK PONSEL TERHADAP KESEHATAN MANUSIA, 1–8.
- Mashudi, S. (2011). *Anatomi dan Fisiologi Dasar*. Jakarta: Salemba Medika.
- Miryanti, A., Sapei, L., Budiono, K., & Indra, S. (2011). *Ekstraksi Antioksidan dari Kulit Buah Manggis (Garcinia mangostana L.)*. Bandung: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat.
- Misnadiarly. (2007). *Penyakit Hati (Liver)*. Jakarta: Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- Muliani, H. (2011). Pertumbuhan Mencit (Mus Musculus L.) Setelah Pemberian Biji Jarak Pagar (*Jatropha curcas L.*), *XIX*(1), 44–54.
- Paramawati, R. (2010). *Dahsyatnya Manggis untuk Menumpas Penyakit*. Jakarta: PT. Argo Media Pustaka.
- Prasatiawan, E., Sabri, E., & Ilyas, S. (1992). GAMBARAN HISTOLOGIS HEPAR MENCIT (Mus musculus L.)

STRAIN DDW SETELAH PEMBERIAN EKSTRAK N-HEKSAN BUAH ANDALIMAN (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) SELAMA MASA PRA IMPLANTASI DAN PASCA IMPLANTASI, 1–6.

Puspaningtyas, D. E. (2013). *The Miracle of Fruits*. Jakarta: PT Agro Media Pustaka.

Putra, P. P. G. A., & Hasanah, A. N. (2017). AKTIVITAS ANTIOKSIDAN PADA BEBERAPA EKSTRAK TANAMAN DI WILAYAH INDONESIA DENGAN METODE DPPH: REVIEW, 4(3), 1–6.

Putri, I. P. (2015). EFFECTIVITY OF XANTHONE OF MANGOSTEEN (*Garcinia mangostana* L.) RIND AS ANTICANCER, 4, 33–38.

Sahroni. (2012). *Apa Kata Dokter tentang Jus Kulit Manggis?* Jakarta: Penebar Swadaya.

Sinaga, F. A. (2016). STRESS OKSIDATIF DAN STATUS ANTIOKSIDAN PADA AKTIVITAS FISIK MAKSIMAL, 9(September), 176–189.

Soeng, S., Wargasetia, T. L., & Steven, A. (2007). Efek Gelombang Elektromagnetik Telepon Seluler terhadap Spermatozoa Mencit Galur BALB/C, 7(1), 26–36.

Srihari, E., & Lingganingrum, F. S. (2015). EKSTRAK KULIT MANGGIS BUBUK, 10(1), 1–7.

Sumbayak, E. M. (2013). Dampak Gelombang Elektromagnetik Telepon Seluler terhadap Otak.

Supomo, Sapri, & Komalasari, A. N. (2016). FORMULASI GEL ANTIOKSIDAN EKSTRAK KULIT BUAH MANGGIS (*Garcinia mangostana* L) dengan BASIS

CARBOPOL, 1(1), 50–60.

Surya, Y. (2009). *Fisika Modern*. Tangerang: PT Kandel.

Sutyarso. (2010). Hubungan antara Lama Menggunakan Ponsel dengan Jumlah dan Kualitas Spermatozoa pada Laki-laki Fertile, 60(3), 119–125.

Suyanti, L. (2008). *GAMBARAN HISTOPATOLOGI HATI DAN GINJAL TIKUS PADA PEMBERIAN FRAKSI ASAM AMINO NON-PROTEIN LAMTORO MERAH (Acacia villosa) PADA UJI TOKSISITAS AKUT*.

Swamardika, I. B. A. (2009). PENGARUH RADIASI GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK TERHADAP KESEHATAN MANUSIA, 8(1), 106–109.

Tatukude, P., Loho, L., & Lintong, P. (2014). GAMBARAN HISTOPATOLOGI HATI MENCIT SWISS YANG DIBERI AIR REBUSAN SARANG SEMUT (*Myrmecodia pendans*) PASKA INDUKSI DENGAN CARBON TETRACHLORIDA (CCl₄), 2(2), 459–466.

Tolistiawaty, I., Widjaja, J., Sumolang, P. P. F., & Octaviani. (2014). Gambaran Kesehatan pada Mencit (*Mus musculus*) di Instalasi Hewan Coba, 8(1), 27–32.

Victorya, R. M. (2015). EFFECTS OF HANDPHONE ' S ELECTROMAGNETIC WAVE EXPOSURE ON SEMINIFEROUS TUBULES, 4(3), 96–100.

Wardhana, W. A. (2000). Dampak Radiasi Elektromagnetik Ponsel. Retrieved November 14, 2017, from www.elektroindonesia.com/elektro/ut32.html

Wicaksono, H. S., Narayani, I., & Setyawati, I. (2015).

STRUKTUR HATI MENCIT (*Mus musculus L.*)
SETELAH PEMBERIAN EKSTRAK DAUN
KALIANDRA MERAH (*Calliandra calothyrsus*
Meissn.), 3(1), 258–268.

Winarsi, H. (2007). *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas*.
Yogyakarta: kanisius.

Wuisan, M., Tendean, L., & Rumbajan, J. M. (2016).
Pengaruh ekstrak kulit buah manggis *Garcinia*
mangostana L. terhadap kualitas spermatozoa tikus
wistar (*Rattus norvegicus*) yang dipapari asap rokok,
4(1), 193–198.

Wulan, A. J. (2015). Buah Manggis (*Garcinia mangostana L.*)
sebagai Alternatif Pelindung Memori, *Prosiding*, 58–63.

Youngson, R. (2005). *Antioksidan: Manfaat Vitamin C & E*
bagi Kesehatan. Jakarta: Arcan.

Yuslianti, E. R. (2018). *Pengantar Radikal Bebas dan*
Antioksidan. Yogyakarta: Deepublish.

Yuyun, Y. (2011). Uji Antioksidan dan Anti Radikal Bebas
Dari Ekstrak Kulit Buah Rambutan (*Nephelium*
lappaceum L.) Var. Binjai, 7(1), 5–9.