

**PENGARUH PAPARAN RADIO-FREKUENSI TERHADAP KADAR  
MALONDIALDEHIDA DAN GAMBARAN HISTOLOGI HEPAR  
MENCIT (*Mus musculus*)**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**AHMAD DIMAS MUPARIJIN**  
NIM. 19640046



**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2023**

**HALAMAN PENGANTAR**

PENGARUH PAPARAN RADIO-FREKUENSI TERHADAP KADAR  
MALONDIALDEHIDA DAN GAMBARAN HISTOLOGI HEPAR  
MENCIT (*Mus musculus*)

**SKRIPSI**

Diajukan kepada:

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam

Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S. Si)

Oleh:

AHMAD DIMAS MUPARIJIN

NIM. 19640046

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2023**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PENGARUH PAPARAN RADIO-FREKUENSI TERHADAP KADAR  
MALONDIALDEHIDA DAN GAMBARAN HISTOLOGI HEPAR  
MENCIT (*Mus musculus*)**

**SKRIPSI**

Oleh :  
AHMAD DIMAS MUPARIJIN  
NIM.19640046

Telah diperiksa dan disahkan untuk diuji  
Pada tanggal , 20 Desember 2023

Pembimbing I



Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes  
NIP. 19750808 199903 1 003

Pembimbing II



Ahmad Abtokhi, M.Pd  
NIP. 19761003 200312 1 004



Mengetahui,  
Ketua Program Studi

Agus Tazi, M.Si  
NIP. 19740730 200312 1 002

## HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH PAPARAN RADIO-FREKUENSI TERHADAP KADAR  
MALONDIALDEHIDA DAN GAMBARAN HISTOLOGI HEPAR  
MENCIT (*Mus musculus*)

### SKRIPSI

Oleh :  
AHMAD DIMAS MUPARIJIN  
NIM.19640046

Telah Dipertahankan Di Depan Penguji Skripsi dan  
Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan  
untuk Memperoleh Gelar Sarjan Sains (S.Si)  
Pada tanggal, 20 Desember 2023

Penguji Utama	<u>Dr. Mokhammad Tirono, M.Si</u> NIP 19641211 1991111 0 011	
Ketua Penguji	<u>Wiwis Sasmitaninghidayah, M.Si</u> NIDT. 19870 21520180201 2 233	
Sekretaris Penguji	<u>Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes</u> NIP. 19750808 199903 1 003	
Anggota Penguji	<u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004	

Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
  
Dr. Tazki Tazi, M.Si  
NIP. 19730 200312 1 002



## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ahmad Dimas Muparijin  
Nim : 19640046  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Penelitian : Pengaruh Paparan Radio-Frekuensi Terhadap Kadar  
Malondialdehida dan Gambaran Histologi Hepar Mencit  
(*Mus Musculus*)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini merupakan karya tulis sendiri, bukan merupakan pengambilan-alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil contekan, maka saya siap menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 20 Desember 2023  
Yang Membuat Pernyataan



Ahmad Dimas Muparijin  
NIM.19640052

## MOTTO

“Tidak ada mimpi yang gagal ,yang ada hanyalah mimpi yang tertunda”  
**-Windah Basudara-**

*“Lek serngenge sing seterang wingi,sukurono kerono sing sepeteng panggon  
liyo”*  
**-Pitatur Isun-**

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Saya persembahkan skripsi ini dengan penuh rasa cinta, syukur dan terimakasih yang sebesar-besarnya untuk :

1. Kedua orang tuaku tersayang Ibu Mutmainah dan Bapak Sapawi yang senantiasa memanjatkan doa, memberikan dukungan, dan perjuangan serta pengorbanannya yang begitu luar biasa demi masa depan penulis. Skripsi ini penulis persembahkan untuk kedua orang tua terbaik sepanjang masa.
2. Untuk kakak-kakakku Nurul Andrania, Wafiratus Salimah, Ahmad Laduni, Saifullah, yang selalu menanyakan kabar, dan terkadang menanyakan “*Sangune sek enek ta dek?*”.
3. Keempat keponakanku : Nila, Rafa, Refa ,dan Barra semoga pamanmu ini menjadi seorang yang bisa ditiru atau menginspirasi kedepannya.
4. Para dosen dan pembimbing, yang telah memberikan ilmu pengetahuan, bimbingan, motivasi, petunjuk, dan pengarahan selama penyusunan skripsi ini sehingga terselesaikan dengan baik.
5. Teruntuk *Bestie*-ku, Hanif Agung Rahmadan yang selalu menjadi tempat berkeluh kesah dan pendinginan otak melalui *Land of Dawn* maupun sebagai penyemangat saat hati *down*.
6. *My Caramel*, yang telah hadir dan mendampingi penulis menyelesaikan skripsi sampai akhir. Ada perasaan yang menghangatkan hati penulis: cinta, inspirasi, keinginan dan syukur. Terima kasih karena memberi tahu penulis cara hidup dengan sederhana, penuh kasih dan bahagia.
7. Teman - teman seperjuangan fisika 19 dan khususnya teman-teman Wardah, Zulvi, Falah, Ryan, dan Yusri Universitas Islam Negeri Maulana Malik

Ibrahim Malang yang telah memberikan motivasi, semangat, dan doa hingga terselesaikannya skripsi ini.

Untuk semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan baik yang berkontribusi kecil maupun besar, penulis mengucapkan banyak terimakasih. Waktu adalah hal yang paling berharga dalam hidup dan orang-orang yang rela mengorbankan waktu mereka untuk orang lain pantas mendapatkan rasa hormat dan terimakasih. Penulis percaya bahwa setiap kebaikan yang kita berikan kepada orang lain pasti akan mendapatkan balasan berkali lipat, Semoga kebaikan dan kebaikan dari berbagai pihak tersebut mendapat berkah oleh Allah SWT balas dengan yang lebih baik lagi dan dipermudah segala urusannya baik dunia maupun akhiratnya.

*Amiin ya rabbal alamiin*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya haturkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Pengaruh Paparan Radio-Frekuensi Terhadap Kadar Malondialdehid dan Gambaran Histologi Hepar Mencit (*Mus Musculus*)". Sholawat dan salam saya tujukan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi pemandu umat manusia dari zaman kegelapan menuju zaman pencerahan seperti saat ini.

Saya menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan bisa terwujud dengan baik tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, saya mengucapkan rasa terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah membantu saya dalam menyelesaikan proposal skripsi ini. Ucapan terima kasih saya tujukan kepada:

1. Keluarga penulis yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan dalam segala hal.
2. Prof. Dr. M. Zainuddin MA, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Imam Tazi, M.Si, selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes dan Ahmad Abtokhi, M.Pd, selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang sabar membimbing selama proses penelitian.

6. Dr. Drs. H. Mokhammad Tirono, M.Si dan Wiwis Sasmitaninghidayah M.Si selaku Dewan Penguji yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan
7. Dr. Imam Tazi, M.Si., selaku Wali Dosen yang selalu memberikan masukan dalam rencana studi di bidang akademik.
8. Segenap Dosen, Laboran dan Admin Program Studi Fisika dan Biologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah bersedia mengamalkan ilmunya, membimbing dan memberikan pengarahan serta membantu selama proses skripsi.

Penulis berharap semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi penulis dan semua pihak yang membaca laporan ini, dalam menambah wawasan ilmiah dan memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat konstruktif sangat penulis harapkan demi kebaikan bersama.

Malang, 20 Desember 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>COVER</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGAJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN</b> .....	<b>v</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xvi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xvii</b>
<b>مستخلص البحث</b> .....	<b>xviii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1. 1 Latar Belakang.....	1
1. 2 Rumusan Masalah .....	4
1. 3 Tujuan Masalah .....	5
1. 4 Manfaat Penelitian .....	5
1. 5 Batasan Penelitian .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
2. 1 Radio-Frekuensi (RF) .....	7
2. 1. 1 Mekanisme Radio-Frekuensi terhadap Jaringan Lipid .....	8
2. 3 Kadar Malondialdehida .....	10
2. 3. 1 Lipid .....	10
2. 3. 2 Definisi Malondialdehida .....	11
2. 3. 2 Peroksidasi lipid oleh ROS .....	12
2. 3. 4 Obesitas Pemicu Stres Oksidatif .....	14
2. 5 Organ Hati .....	16
2. 5.1 Histologi Hati.....	16
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>19</b>
3. 1 Waktu dan Lokasi Penelitian .....	19
3. 2 Subjek Penelitian .....	19
3. 3 Desain Penelitian .....	19
3. 4 Alat dan Bahan Penelitian .....	20
3. 4. 1 Alat.....	20
3. 4. 2 Bahan .....	21
3. 5 Variabel Penelitian .....	21
3. 6 Alur Penelitian .....	22
3. 7 Langkah Kerja Penelitian .....	24
3. 7. 1 Persiapan Sampel .....	24
3. 7. 2 Pemaparan Arus Radio-Frekuensi (RF).....	24

3. 7. 3 Pengukuran Kadar Malondialdehida Darah Tikus .....	24
3. 7. 4 Pembuatan Preparat Histologis Hepar Mencit .....	25
3. 7. 5 Pengamatan Struktur Histologi Hati Mencit ( <i>Mus musculus</i> ) .....	27
3. 7. 6 Penentuan Kerusakan Hati Mencit (Mus musculus) .....	27
3. 8 Pengambilan Data .....	28
3. 9 Analisis Data .....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>30</b>
4.1 Preparasi Sampel dan Objek Penelitian.....	30
4.2 Data Hasil Penelitian .....	30
4.2.1 Hasil Pengujian Tegangan dan Frekuensi Alat Arus Frekuensi Radio ..31	
4.2.2.Pengaruh Aliran Tegangan Bolak - Balik Radio-Frekuensi terhadap Kadar Malondialdehida Darah Mencit ( <i>Mus musculus</i> ) . .....	33
4.2.3 Pengaruh Aliran Tegangan Bolak - Balik Radio-Frekuensi terhadap Histologi Hati Mencit ( <i>Mus musculus</i> ). .....	37
4.3 Pembahasan Hasil Penelitian.....	42
4.3.1 Pengaruh Aliran Tegangan Bolak - Balik Radio-Frekuensi terhadap Kadar Malondialdehida Darah Mencit ( <i>Mus musculus</i> ) . .....	42
4.3.2 Pengaruh Aliran Tegangan Bolak - Balik Radio-Frekuensi terhadap Histologi Hepar Mencit ( <i>Mus musculus</i> ) . .....	45
4.4 Kajian Integrasi Penelitian dalam perspektif Islam.....	48
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>51</b>
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran .....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>53</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>57</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme pembentukan Malondialdehida.....	13
Gambar 2.2 Morfologi Hepar Normal Mencit ( <i>Mus musculus</i> ).....	16
Gambar 2.3 Histologi Hepar Mencit Normal (Rarangsari,2015).....	17
Gambar 3.1 Rancangan Penelitian Secara Umum.....	23
Gambar 4.1 Pengukuran frekuensi menggunakan osiloskop.....	32
Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Paparan Radio Frekuensi terhadap Kadar Malondialdehida darah Mencit ( <i>Mus musculus</i> ). ....	34
Gambar 4.3 Histologi Hepar Mencit ( <i>Mus musculus</i> ) Normal (Rahman,2016).....	37
Gambar 4.4 Gambaran Histologi Hati Mencit. (A) Kontrol Negatif, (B) Perlakuan 0,3 V, (C) Perlakuan 0,6 V, (D) Perlakuan 1,1 V, (E) Perlakuan 1,8 V ,dan F Perlakuan 2,6V .....	38
Gambar 4.5 Pengaruh Paparan Radio Frekuensi terhadap Hati Mencit ( <i>Mus musculus</i> ). ....	40

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rentang Arus Radio Frekuensi .....	8
Tabel 2.2 Jenis-Jenis Reaktif Oxygen Spesies.....	12
Tabel 2.3 Jenis-Jenis <i>Reaktif Oxygen Spesies</i> Hidrogen.....	14
Tabel 3.1 Skorsing Gambaran Histologi hepar.....	28
Tabel 3.2 Hasil Hasil Kadar Malondialdehida Darah Mencit ( <i>Mus musculus</i> ).....	28
Tabel 3.3 Hasil Kerusakan Hati Mencit ( <i>Mus musculus</i> ).....	28
Tabel 4.1 Hasil Uji Frekuensi dan Tegangan pada Alat Radio-Frekuensi.....	32
Tabel 4.2 Hasil Kadar Malondialdehida Darah Mencit ( <i>Mus musculus</i> ) .....	33
Tabel 4.3 Hasil ANOVA Terhadap Kadar Serum Malondialdehida .....	35
Tabel 4.4 Hasil Dulcan DMRT terhadap Kadar Serum Malondialdehida .....	36
Tabel 4.5 Data Hasil Histologi Hati Mencit ( <i>Mus musculus</i> ) .....	39
Tabel 4.6 Hasil ANOVA terhadap Histologi Hepar Mencit ( <i>Mus musculus</i> ) .....	41
Tabel 4.7 Hasil <i>Duncan Multiple Range Text</i> terhadap Kadar Serum Malondialdehida .....	41

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Penelitian .....	58
Lampiran 2 Tabel Persentase Kenaikan MDA Hasil Penelitian .....	60
Lampiran 3 Data Absorbansi Supernatan Malondialdehida .....	61
Lampiran 4 Gambaran Histologi Mencit .....	62
Lampiran 5 Data <i>One Way</i> Anova .....	68
Lampiran 6 Data DMRT .....	69

## ABSTRAK

Muparijin, Ahmad Dimas. 2023. **Pengaruh Paparan Radio-Frekuensi Terhadap Kadar Malondialdehida dan Gambaran Histologi Hepar Mencit (*Mus Musculus*)**. Skripsi. Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd

---

**Kata Kunci :** Radio-Frekuensi, Malondialdehida, Histologi Hepar

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh radio-frekuensi terhadap kadar malondialdehida dan histologi hepar pada mencit (*Mus musculus*). Mencit akan diaklimatisasi selama 7 hari dalam kandang setiap kelompok perlakuan. Setiap kelompok perlakuan terdiri dari variasi tegangan 0.3 V, 0.6 V, 1.1 V, 1.8 V dan 2.6 V dengan waktu 3 menit. Pengulangan untuk setiap perlakuan sebanyak 4 ulangan. Pemberian perlakuan dilakukan selama 5 hari secara berkala, kemudian dilakukan pengambilan data pasca perlakuan selang 3-7 hari perlakuan. Pengambilan data kadar serum malondialdehida (MDA) dilakukan dengan metode TBARS, sedangkan data histologi hati dinilai dengan metode *Manja Roenigk*. Data yang dihasilkan kemudian dianalisis dengan *One Way Anova* dan Uji *Duncan Multiple Range Text* (DMRT). Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa pemberian aliran tegangan bolak – balik radio-frekuensi berpengaruh pada peningkatan kadar serum MDA dimana tegangan 0,6 V mampu menaikkan sebesar 39% dan tingkat kerusakan hati paling tinggi pada 2,6 V.

## ABSTRACT

Muparijin, Ahmad Dimas. 2023. **Pengaruh Paparan Radio-Frekuensi Terhadap Kadar Malondialdehida dan Gambaran Histologi Hepar Mencit (*Mus Musculus*)**. Thesis..Physics Study Program, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Supervisor: (I) Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd

---

**Keyword : Radio-Frequency, Malondialdehyde, Liver Histology**

Research This study aims to determine the effect of radio-frequency on malondialdehyde levels and hepatic histology in mice (*Mus musculus*). Mice will be acclimatized for 7 days in the cage of each treatment group. Each treatment group consists of voltage variations of 0.3 V, 0.6 V, 1.1 V, 1.8 V and 2.6 V with 3 minutes of time. with a time of 3 minutes. Repetition for each treatment was 4 replicates. Giving treatment was carried out for 5 days at regular intervals, then the data was taken after the post-treatment data collection after 3-7 days of treatment. Data collection of serum malondialdehyde (MDA) levels was carried out by the TBARS method. TBARS method, while liver histology data assessed by the *Manja Roenigk* method. The resulting data were then analyzed with *One Way Anova* and *Duncan Multiple Range Text Test* (DMRT). Results of the study showed that the administration of alternating voltage flow of radio-frequency has an effect on increasing serum MDA levels where the voltage of 0.6 V can increase by 39% and the level of liver damage the highest level of liver damage at 2.6 V.

## مستخلص البحث

مبارجين، أحمد ديماس. 2023. تأثير التعرض للترددات الراديوية على مستويات المالونديالدهيد والصورة النسيجية لكبد الفئران (موس موسچولوس). البحث. الكلية. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج: الأول: دكتور أجوس موليونو، الماجستير، الثاني: أحمد أبطوخي، الماجستير

الكلمات المفتاحية: الترددات الراديوية، المالونديالدهيد، أنسجة

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد تأثير الترددات الراديوية على مستويات المالونديالدهيد وأنسجة الكبد في الفئران (موس موسچولوس). سيتم التأقلم مع الفئران لمدة ٧ أيام في أقفاص لكل مجموعة علاجية. تتكون كل مجموعة معالجة من اختلافات الجهد ٠,٣ فولت، ٠,٦ فولت، ١,١ فولت، ١,٨ فولت و ٢,٦ فولت بزمن قدره ٣ دقائق، وكان هناك ٤ تكرارات لكل معاملة. تم إعطاء العلاج بشكل دوري لمدة ٥ أيام، ثم تم جمع بيانات ما بعد العلاج بعد ٣-٧ أيام من العلاج. تم جمع البيانات عن مستويات المالونديالدهيد (MDA) في المصل باستخدام طريقة TBARS، بينما تم تقييم بيانات أنسجة الكبد باستخدام طريقة مانجا روينييك. ثم تم تحليل البيانات الناتجة باستخدام وني واي انوفا واختبار دونجان مولتيپلي رانعي تيكس (DMRT). أظهرت نتائج البحث أن تطبيق جهد التردد الراديوي المتناوب كان له تأثير على زيادة مستويات MDA في الدم، حيث كان الجهد ٠,٦ فولت قادراً على الزيادة بنسبة ٣٩% وكان مستوى تلف الكبد أعلى عند ٢,٦ فولت.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1. 1 Latar Belakang**

Kebutuhan dasar manusia untuk mendapatkan hidup yang produktif dan layak salah satunya pemenuhan dalam aspek kesehatan. Dalam agama Islam, kesehatan memiliki dua pengertian, yaitu *as-shihah* yang artinya dalam baiknya keadaan di seluruh badan serta bagian-bagiannya atau disebut sehat jasmani dan sehat rohani yang disebut *al-afiat* yang artinya sehat yang sempurna (Saeed, 2015).

Di era modern ini, berbagai penyakit di Indonesia telah mengalami peningkatan yang banyak disebabkan oleh faktor dari pola makan yang buruk, aktivitas kegiatan dan peningkatan prevalensi obesitas. Prevalensi obesitas terus meningkat setiap tahun (*World health Organization (WHO) Report, 2020*). Menurut Atlas World Obesity 2023 ,peningkatan jumlah pasien obesitas di dunia memprediksi sekitar 51 persen populasi dunia akan memiliki obesitas pada tahun 2035 sekitar lebih dari empat miliar orang akan memiliki berat badan berlebih (WOF, 2022).

Obesitas merupakan salah satu masalah utama dalam kesehatan dunia, terutama di negara berkembang. Beredarnya makanan cepat saji (*Junk food*), penggunaan kendaraan, perkembangan teknologi, dan beragam inovasi dalam media elektronik sehingga memberi pengaruh terhadap penyerapan energi yang tidak seimbang dan energi yang dikeluarkan oleh tubuh akibat berkurangnya aktivitas tubuh yang telah memakan makanan berkalori tinggi. Senada dengan hal

tersebut, gaya hidup yang tidak sehat jelas berkebalikan dengan kandungan Al Qur'an yang dijelaskan bahwasanya dilarang untuk memakan makanan secara berlebih dan makan sesuai yang dibutuhkan tubuh (gizi). Allah SWT berfirman dalam Al Qur'an Surah Thaha ayat 81 :

كُلُوا مِنْ طَيِّبَاتِ مَا رَزَقْنَاكُمْ وَلَا تَطْغَوْا فِيهِ فَيَحِلَّ عَلَيْكُمْ غَضَبِيَّ وَمَنْ يَحِلِّ عَلَيْهِ غَضَبِيَّ

فَقَدْ هَوَىٰ

Artinya : *Makanlah dari rejeki yang baik yang telah Kami berikan kepadamu, dan janganlah melampaui batas padanya, yang menyebabkan kemurkaan-Ku menimpamu. Barangsiapa ditimpa kemurkaan-Ku, maka sungguh, binasalah ia. (Q.S Thaha : 81).*

Ayat di atas menjelaskan bahwasanya pentingnya pola makan sehat. Sebagaimana makhluk ciptaan-Nya, manusia harus menjaga tubuhnya dengan memakan makanan baik dan halal dimana makanan tersebut akan terdistribusi melalui peredaran darah. Peredaran darah mengambil peran penting dalam proses transport nutrisi yang diperlukan untuk metabolisme tubuh. Sayangnya di zaman yang serba instan ini, permasalahan penyakit semakin meningkat karena ketidaksesuaian kandungan gizi dengan kebutuhan tubuh dalam mengkonsumsi makanan. Hal ini mampu memicu penyakit-penyakit seperti hiperkolesterol, diabetes, obesitas, hingga penyakit jantung koroner, hingga komplikasi penyakit. Sebagaimana Allah SWT menciptakan tubuh manusiasecara seimbang, maka sejatinya manusia harus tetap menjaga tubuhnya tetap seimbang dan sehat seperti firman Allah SWT berikut:

يَأْتِيهَا الْإِنْسَانُ مَا غَرَّكَ بِرَبِّكَ الْكَرِيمِ (٦) الَّذِي خَلَقَكَ فَسَوَّبَكَ فَعَدَلْتُكَ (٧) فِي أَيِّ صُورَةٍ مَا شَاءَ

رَكَابِكَ (٨)

Artinya: “*Hai manusia, apakah yang telah memperdayakan kamu (berbuat durhaka) terhadap Tuhanmu yang Maha Pemurah? Yang telah menciptakan kamu lalu menyempurnakan kejadianmu dan menjadikan (susunan tubuh) mu seimbang. Dalam bentuk yang dikehendaki, Dia menyusun tubuhmu*” (Q.S AlInfithar [82]: 6-8).

Peningkatan metabolisme lemak erat kaitannya dengan obesitas yang menyebabkan *Reactive Oxygen Species* (ROS) mengalami peningkatan, baik terhadap sel adiposa(sel lemak) maupun sirkulasi darah. Kenaikan *Reactive Oxygen Species* (ROS) bisa menyebabkan keseimbangan dalam tubuh dalam reaksi reduksi oksidasi mengalami gangguan. Akibat gangguan keseimbangan ini terjadinya penurunan enzim antioksidan, yang dimana hal ini disebut stres oksidatif. Malondialdehida dapat dijadikan indikator yang dapat digunakan dalam mengindikasi adanya peroksida lipid akibat stress oksidatif. Malondialdehida adalah semacam enzim dari sel lemak yang rendah berat molekulnya sebagai hasil produk akhir lipid peroksida dalam tubuh dalam reaksi akhir radikal bebas (Sunaryo, 2015).

Beberapa tahun terakhir, khususnya lima belas tahun terakhir banyak dikembangkan terapi untuk menurunkan berat badan atau obesitas. Ada beberapa macam terapi yang telah dikembangkan mulai dari terapi gen, penggunaan obat-obat. terapi hormonal (Soraya, 2019). Selain terapi-terapi tersebut, saat ini bermunculan alat terapi elektronik untuk penyembuhan penderita obesitas, seperti pemecahan lemak menggunakan larutan tumescent atau penggunaan gelombang suara. Alat-alat tersebut muncul dari banyak penelitian dari pemanfaatan medan listrik, gelombang suara, medan magnet, sinar inframerah maupun Radio-Frekuensi.

Pemanfaatan Radio-Frekuensi (RF) dalam ilmu kedokteran fisik dan rehabilitasi yaitu sebagai terapi arus listrik Radio-Frekuensi (RF) yang digunakan

dalam mengurangi atau pembakaran lemak tanpa luka (*non ablative*). Penerapannya yakni dengan pengeluaran panas dari epidermis sehingga jaringan subkutan dari arus listrik Radio-Frekuensi (RF) yang mengakibatkan pertumbuhan kolagen yang akan mengencangkan kulit dan mengakibatkan terurainya lemak (Vanessa, 2014).

Mawardah (2018) telah meneliti bahwa pengaruh paparan arus frekuensi radio (rf) terhadap lingkar perut dan kadar trigliserida sebagai pemanfaatan terapi kesehatan dengan menggunakan hewan uji coba tikus menghasilkan bahwasanya terjadi penurunan kadar trigliserida. Hal ini membuktikan adanya penurunan kadar trigliserida dalam darah tetapi tidak dijelaskan peningkatan kadar malondialdehid dan histologi organ dalam hewan uji coba.

James (2015) juga telah melakukan penelitian yang relevan dan menyimpulkan bahwasanya pengaplikasian frekuensi radio bipolar sebagai pemanfaatan terapi obesitas dengan frekuensi 0,7 ;0,8; 2,45 Mhz menghasilkan penyusutan ukuran lingkar perut sebesar 1,5 cm, namun tidak ada indikasi peningkatan atau penurunan kadar malondialdehid dalam darah.

Berdasarkan literatur diatas maka diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai peroksidasi lipid (Malondialdehida) akibat pemaparan radio frekuensi dari lama paparan dan intensitas sebagai terapi kesehatan. Dengan demikian penelitian ini berjudul "Pengaruh Paparan Radio-Frekuensi Terhadap Kadar Malondialdehida dan Gambaran Histologi Hepar Mencit (*Mus musculus*)".

## **1. 2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh tegangan bolak - balik Radio-Frekuensi terhadap kadar malondialdehida pada mencit (*Mus musculus*)?

2. Bagaimana pengaruh tegangan bolak - balik Radio-Frekuensi terhadap histologi hepar pada mencit (*Mus musculus*)?

### **1. 3 Tujuan Masalah**

1. Untuk mengetahui pengaruh Radio-frekuensi terhadap kadar malondialdehid pada mencit (*Mus musculus*).
2. Untuk mengetahui pengaruh paparan Radio-Frekuensi terhadap histologi hepar pada mencit (*Mus musculus*).

### **1. 4 Manfaat Penelitian**

1. Untuk memberikan informasi mengenai alat Radio-Frekuensi untuk mengurangi kadar lemak yang dapat diketahui dari pengukuran kadar malondialdehida darah.
2. Untuk memberikan informasi mengenai pengaruh Radio-Frekuensi dengan intensitas yang berbeda terhadap histologi hepar pada hewan uji coba.
3. Sebagai data untuk melakukan penelitian yang lebih lanjut tentang hubungan obesitas terhadap kadar malondialdehida darah.

### **1. 5 Batasan Penelitian**

1. Hewan uji coba merupakan mencit (*Mus musculus*).
2. Hewan uji coba yang digunakan adalah mencit atau tikus putih yang berusia kurang lebih delapan minggu.
3. Pemaparan radio-frekuensi dilakukan sekali dalam sehari selama 5 hari berturut-turut.
4. Pemaparan Radio-Frekuensi terhadap hewan uji coba dilakukan selama 3 menit setiap hari

5. Metode pengukuran kadar malondialdehida yang digunakan metode TBARS
6. Penelitian ini sebatas untuk meneliti pengaruh Radio-frekuensi secara fisika dan tidak meneliti secara ikatan kimia.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2. 1 Radio-Frekuensi (RF)

Radio-Frekuensi adalah energi arus listrik memakai generator AC (*Arus Current*) yang terdapat pada kisaran frekuensinya sesuai kisaran frekuensi yang dipancarkan gelombang radio. Arus listrik yang dimaksud adalah muatan listrik yang melintas penampang per satuan waktu (Setiawan,2016). Proses terjadinya aliran arus listrik ini, Allah berfirman dalam Al-Qur'an Surah Ar-Ra'd ayat 12-13:

هُوَ الَّذِي يُرِيكُمُ الْبَرْقَ خَوْفًا وَطَمَعًا وَيُنزِلُ السَّحَابَ الثَّقَالَ (١٢) وَيَسْبِغُ الرِّعْدُ بِحَمْدِهِ وَالْمَلَكَةُ مِنْ خِيفَتِهِ وَيُرْسِلُ الصَّوَاعِقَ فَيُصِيبُ بِهَا مَنْ يَشَاءُ وَهُمْ يُجَادِلُونَ فِي اللَّهِ وَهُوَ شَدِيدُ الْمِحَالِ (١٣)

Artinya :”Dialah yang memperlihatkan kilat kepadamu yang menimbulkan ketakutan dan harapan, dan Dia menjadikan awan mendung. Dan guruh bertasbih memuji-Nya, (demikian pula) para malaikat karena takut kepada-Nya, dan Allah melepaskan halilintar, lalu menimpakannya kepada siapa yang Dia kehendaki, sementara mereka berbantah-bantahan tentang Allah, dan Dia Mahakeras siksaan-Nya”.

Tafsir Ibnu Katsir menjelaskan dimana Musa ibnu Ubaidah telah meriwayatkan dari Sa'd ibnu Ibrahim yang mengatakan bahwa Allah mengirimkan hujan. Mengenai proses terjadinya hujan yang diawali awan mendung dan disertai kilatan petir yang memiliki suara menggelegar yang menakutkan dan menimbulkan harapan. Petir merupakan proses pelepasan arus listrik yang bertegangan tinggi dalam waktu singkat yang terjadi pada awan ( Halima, 2020). Tekanan udara yang rendah dan air permukaan bumi akibat meningkatnya lingkungan akibat cahaya matahari menyebabkan uap terkondensasi menjadi uap air yang bermassa rendah pada awan.

Awan yang bergerak secara teratur secara terus menerus dan berinteraksi dengan awan-awan di sekitarnya. Sehingga menyebabkan muatan negatif dan muatan positif terkumpul pada setiap sisi (Narut, 2018). Ketika terdapat beda potensial pada awan dan permukaan bumi, terjadilah perpindahan muatan negatif pada awan ke bumi dan sebaliknya. Untuk mencapainya keadaan kesetimbangan perpindahan muatan ini memicu terjadinya lonjakan muatan yang disebut petir (Meidyan, 2019).

Salah satu pengaplikasian dari arus Radio-Frekuensi sebagai terapi kesehatan seperti pembakaran lemak. Rentang frekuensi yang digunakan dalam pengaplikasian pada bidang kesehatan yaitu :

**Tabel 2.1** Rentang Arus Radio Frekuensi

Nama	Frekuensi	Manfaat
<i>High Frequency</i>	3-30 GHz	Untuk diagnostik
<i>Low Frequency</i>	3-300 MHz	Terapi
<i>Very Low Frequency</i>	<30 KHz	Sintesis anorganik (material)

Radio-Frekuensi terdiri dari sebagai generator yang memiliki fungsi menkonversi tenaga gerak atau mekanik menjadi tenaga listrik *arus current*, hal ini disebabkan adanya interaksi antara kutub negatif dan kutub positif. Kecepatan motor elektrik dan frekuensi dari gaya gerak listrik (GGL) induksi menentukan jumlah kutub generator arus bolak-balik (Susanti, 2013)

### **2. 1. 1 Mekanisme Radio-Frekuensi terhadap Jaringan Lipid**

Radio-Frekuensi adalah metode yang dipakai untuk meleburkan sel atau suatu jaringan yang tidak diinginkan serta aman untuk keperluan medis dengan menggunakan sumber panas yang dihasilkan. Prosedur metode ini adalah dengan merangsang sistem yang berada dalam kulit lapisan epidermis, menghasilkan reaksi termal (luar kulit) dan non termal (dalam kulit) yang menyebabkan molekul-

molekul dibawah lapisan epidermis seperti syaraf dan jaringan adiposa (lemak) mengalami reaksi akibat arus frekuensi yang terpancarkan. Reaksi itu menyebabkan interaksi antar molekul di bawah kulit pada jaringan adiposa terjadi lipolisis. Lipolisis adalah proses pemecahan lemak yang terakumulasi dalam jaringan adiposa melalui darah, yang mengakibatkan jaringan epidermis mengalami penipisan (Zahra , 2016). Penipisan ini terjadi akibat efek panas yang menginduksi kulit sehingga menimbulkan pemecahan pada molekul lemak dari panas yang terserap pada jaringan adiposa. Sebagaimana sabda Nabi Muhammad SAW yang berbunyi :

ثَلَاثٌ لَا يُمْنَعَنَّ الْمَاءُ وَالْكَأُ وَالنَّارُ

*Artinya :Tiga perkara tidak boleh dimonopoli hingga malarang yang lain untuk memanfaatkannya yaitu air, rumput liar dan api.*

Lafadz diakhir hadits itu merupakan isim mufrod. Secara bahasa النَّارُ bermakna neraka, api atau panas. Hadits itu menyatakan bahwasanya api sebagai energi panas bukan untuk dimonopoli sendiri akan tetapi dapat dimanfaatkan bagi setiap umat untuk kepentingan bersama sepeprti pemanfaatan di bidang kedokteran untuk mengobati suatu penyakit. Al-Baydlawi dalam kitab Faidhul Qadir berpendapat bahwasanya dalam api dalam hadist ini mencakup sinarnya, bahan bakar,energi panas, nyalanya dan cahaya matahari. Siapa pun tidak dibenarkan mencegah individu lain untuk mengambil manfaat dari api tersebut (Al-Manawi,1391). Dimana energi panas ini dapat untuk pengobatan penyakit obesitas dengan memanfaatkan radio-frekuensi sebagai terapi kesehatan (Syiaifuddin, 2016).

Energi listrik yang diberikan pada proses perpindahan panas dapat mengakibatkan tubuh mengalami panas berlebih dari pancaran panas yang dihasilkan oleh alat radio-frekuensi. Hal itu dikarenakan tubuh merupakan medium

yang memiliki suhu yang lebih dingin. Besar energi kalor yang melalui medium bisa dinyatakan dalam persamaan (Cengel, 2015) :

$$Q_m = Q_a + Q_s \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana  $Q_a$  sebagai kalor yang diberikan melalui medium,  $Q_s$  merupakan kalor uap hasil pembuangan termal. Sehingga besar kalor yang melalui sebuah medium bernilai tinggi pada proses lipolisis.

## 2.3 Kadar Malondialdehida

### 2.3.1 Lipid

Lipid sebagai zat yang menjadi cadangan energi dalam tubuh, berfungsi sebagai energi cadangan yang digunakan yang apabila kurangnya karbohidrat untuk proses metabolisme yang terjadi di dalam tubuh. Tubuh menghasilkan lemak dari sumber energi (makanan) yang telah melalui proses pencernaan dan hasil sintesis yang dilakukan oleh hati. Hasil sintesis ini dapat disimpan di dalam sel-sel lemak sebagai sumber cadangan energi tubuh (Hadi, 2018).

Selain berfungsi menjadi cadangan energi, Lemak di dalam tubuh melakukan beberapa peran penting, seperti:

- a. sumber energi untuk metabolisme tubuh,
- b. komponen penting dari unit membran sel,
- c. pengatur aktivitas biologis antar sel sebagai *second messenger* atau *third messenger*,
- d. sebagai pengisolasi/isolator untuk menjaga keseimbangan suhu dan melindungi organ dalam tubuh,
- e. membantu pelarutan vitamin A, D, E, dan K agar tubuh dapat menyerapnya.

### 2. 3. 2 Definisi Malondialdehida

Malondialdehida (MDA) adalah subkutan organik dengan rumus kimia  $\text{CH}_2(\text{CHO})^2$ , salah satu hasil dari peroksidasi lipid. MDA juga adalah salah satu produk yang paling reaktif saat terjadinya mutagenik dari peroksidasi dalam tubuh (Ayala, 2014). MDA sendiri merupakan salah satu penanda yang menunjukkan terhadap terjadinya peningkatan radikal bebas dalam tubuh akibat kerusakan stres oksidatif. Peroksidasi lipid dalam membrane-membran sel akibat reaksi radikal bebas hasil dari makanan dengan asam lemak tak jenuh majemuk (PUFA (*Polyunsaturated Fatty Acids*)) menghasilkan produk akhir yaitu Malondialdehida. Aldehida utama ini hasil produk yang bersifat toksik terhadap sel terdekomposisi.

Penelitian terdahulu hingga yang terbaru mengatakan penanda stress oksidatif yang merupakan peroksidasi lipid endogen (dalam tubuh) yang paling stabil adalah malondialdehida (MDA). MDA juga secara luas digunakan dalam berbagai bidang sebagai indikator peroksidasi lipid dan telah banyak menjelaskan peningkatan stres oksidatif akibat sejumlah penyakit. Dikarenakan hampir semua cairan biologis dalam tubuh ada kadar MDA sehingga MDA mudah ditemukan, untuk sampel yang sering digunakan sebagai bahan uji MDA adalah darah dan urin karena paling mudah didapatkan dan memberikan hasil yang cukup akuratnya dengan indeks stress oksidatif (Kose,2019).

Malondialdehida memiliki lebih unggul daripada produk peroksidasi lipid lainnya, dikarenakan memiliki metode yang lebih mudah dan hasil yang sama akuratnya dengan indeks stress oksidatif. Selain hal itu MDA sebagai biomarker stres oksidatif dalam tubuh dikarenakan memiliki alasan yaitu (Kose, 2019). :

- a. Peningkatan malondialdehida berbanding lurus seiring peningkatan stres oksidatif,
- b. Memiliki berbagai metode yang tersedia untuk pengukuran kadar MDA,
- c. Produk MDA lebih stabil daripada produk peroksidasi lipid lainnya ketika cairan itu diisolasi,
- d. Pengukurannya stabil tidak terpengaruh oleh variasi diurnal (faktor cuaca) dan tidak terpengaruh oleh fluktuasi harian.
- e. Produk khusus hasil dari peroksidasi lipid, dan
- f. Semua jaringan dan cairan biologis tubuh memiliki kadar MDA dalam jumlah yang dapat diidentifikasi.

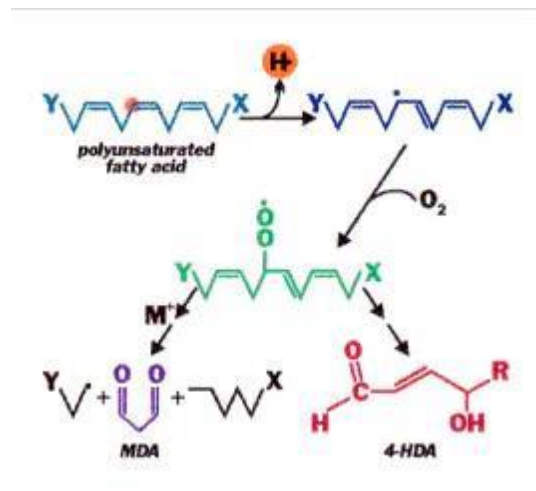
### **2. 3. 2 Peroksidasi lipid oleh ROS**

Akibat dari tidak terkontrolnya peningkatan stress oksidatif dapat merusak berbagai sel, selain hal itu kerusakan akibat stress oksidatif dapat pula merusak jaringan dan organ dalam tubuh. Meningkatnya stress oksidatif diakibatkan peningkatan ROS (Reactive Oxygen Species) yang dapat menimbulkan kerusakan jaringan adiposa secara langsung. Bentuk senyawa dari radikal bebas diantaranya superoksida ( $O_2^-$ ) dan radikal hidroksida (HO) yang merupakan komponen utama yang dapat melakukan perusakan dalam jaringan adiposa melalui peroksidasi lipid. Selain itu ada senyawa lain dari spesies oksigen non radikal yaitu Oksigen singlet dan Hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ), dimana senyawa-senyawa tersebut dinamakan sebagai Reactive Oxygen Spesies (ROS).

**Tabel 2.2** Jenis-Jenis *Reactive Oxygen Spesies*

No	<i>Reactive Oxygen Spesies</i>	Rumus	Keterangan
1	Superoksida	$O_2^-$	Tidak terlalu mutagenic, tetapi pembentuk $H_2O_2$
2	Radikal peroksil	$LO_2^-$	Hasil dari proses pengoksidasi lipid
3	Oksigen Singlet	$^1O_2$	Pengoksida yang sangat kuat sebagai komponen radikal bebas
4	Nitrogen oksida	$NO_2$	Gas radikal bebas yang beracun untuk tubuh
5	Peroksinitri	$ONOO^-$	Hasil reaksi anion superoksida dengan nitrogen oksida

Oksidasi radikal bebas asam lemak poliunsaturasi (PUFA) dari asam linoleic dan asam arakidonat dikenal sebagai peroksidasi lipid. Proses ini dimulai dengan oksidasi oksigen molekuler. Peroksidasi lipid terjadi karena stress oksidatif akibat ROS sebagai faktor utama yang mengakibatkan gangguan molekul-molekul dalam tubuh. Hal itu menyebabkan peningkatan stress oksidatif (Andriana, 2017). Peningkatan peroksidasi berpengaruh dalam status penurunan antioksidan dan menambah konsentrasi Malondialdehida (Mulyono, 2021). Produk utama yaitu lipid peroksida dan beberapa lainnya yaitu Malondialdehida, heksanal dan propanal Malondialdehida digunakan secara luas karena merupakan peroksidasi lipid dari asam lemak penting yaitu asam lemak omega-3 dan omega-6 (Ayala, 2014).



**Gambar 2.1** Mekanisme pembentukan Malondialdehida

*Reactive Oxygen Spesies* dapat diproduksi dari luar tubuh maupun oleh tubuh melalui proses produksi energi, sintesis dari protein dan fagositosis yang dilakukan oleh hati yang terjadi pada sistem pertahanan diri (imun) akibat inflamasi salah satunya. Walaupun ROS dapat diproduksi secara endogen oleh tubuh, tetapi sel-sel tubuh juga memproduksi enzim yang dan antioksidan sebagai peran untuk stress oksidatif yang terjadi dalam tubuh (Nasution, 2015).

**Tabel 2.3** Jenis-Jenis *Reactive Oxygen Spesies* Hidrogen

No	ROS Hidrogen	Rumus	Keterangan
1	Radikal Hidroksil	$\text{OH}^-$	Radikal pengoksidasi yang sangat mudah bereaksi dan sensitif dengan sebagian besar biomolekul dalam tubuh
2	Hidrogen Peroksida	$\text{H}_2\text{O}_2$	Bukan golongan radikal bebas tetapi termasuk ROS dikarenakan terlibat
3	Asam hipoklor	$\text{HOCl}$	Hasil netrofil

Apabila jumlah radikal bebas yang terdapat dalam tubuh melebihi atau lebih tinggi dibandingkan antioksidan endogen yang diproduksi oleh tubuh akibat stress oksidatif yang mengalami peningkatan. Peningkatan stress oksidatif ini akan menimbulkan kerusakan terhadap jaringan dan organ di dalam tubuh yang dimulai

dari kerusakan sel. Kerusakan sel ini dapat diukur melalui parameter yaitu Kadar MDA plasma. Semakin tinggi inflamatif yang terjadi pada sel maka akan semakin tinggi kadar malondialdehida yang diperoleh sebanding dengan peningkatan stress oksidatif yang semakin meningkat pula.

### **2. 3. 4 Obesitas Pemicu Stres Oksidatif**

Obesitas adalah suatu penyakit yang berasal dari banyak faktor dan memiliki arti yaitu penumpukkan lemak yang berlebihan pada jaringan lemak yang meluas sampai pada suatu titik yang dapat mengganggu kesehatan. Obesitas sendiri berkaitan dengan interaksi sosial, pola hidup, metabolisme, seluler maupun faktor molekuler (Sari, 2019).

Jaringan adiposa yang merupakan sebagai cadangan energi atau sebagai cadangan trigliserida tubuh, memiliki peran penting lainnya. Studi menjelaskan bahwa ada jaringan adiposa putih yang memiliki peran dalam produksi substansi bioaktif yang disebut adipokin. Selain adipokin ada komponen enzim siklooksigenase, yang mempengaruhi efek langsung pada luka atau kerusakan kulit, telah dijelaskan bahwa Salah satu hubungan antara peningkatan produksi ROS dan kerusakan sel adalah oksidasi sel membran dan konjugasi protein karena homeostasis redok sel yang terganggu. Reaksi ini menghasilkan peroksida lipid, yang pada akhirnya menyebabkan stress oksidatif meningkat.

Obesitas sendiri kondisi dimana jaringan adiposa memiliki kelebihan lemak yang tersimpan didalamnya. Kelebihan ini menimbulkan asam lemak tak jenuh yang menyebabkan terbentuknya peroksida lipid sehingga terjadi hiperlipidermia. Hiperlipidermia merupakan peningkatan konsentrasi lipid didalam tubuh dengan ditandai meningkatnya konsentrasi trigliserida, Low Density Lipoprotein (LDL), dan kolesterol dalam darah dalam keadaan abnormal. Faktor utama menyebabkan

hal ini akibat obesitas. faktor lainnya yaitu usia, kurang olahraga, pola makan, gangguan genetik, gangguan metabolisme dan konsumsi makanan Junk food atau makanan instan yang kurang serat.

Menurut studi yang dilakukan oleh Dian (2019) menyatakan bahwasanya peningkatan konsentrasi lemak mengakibatkan peroksidasi lipid di hati dapat merusak sel hati. Sehingga peroksida dari hati mengalir dalam pembuluh darah yang membuat organ atau jaringan nya mengalami kerusakan .Hal ini dapat menyebabkan peroksida dari hati mengalir dalam pembuluh darah dan merusak organ atau jaringan lainnya. Obesitas diketahui sebagai salah satu faktor yang dapat meningkatkan risiko terjadinya peroksidasi lipid di hati. Oleh karena itu, pengendalian berat badan dan asupan makanan yang sehat sangat penting untuk mencegah terjadinya komplikasi penyakit.

## **2. 5 Organ Hati**

Hati berada di sebelah kanan atas rongga perut di bawah diafragma. Beratnya 1,35-1,51 gram, yang merupakan 2,5 persen dari berat badan tubuh mencit. Dalam kondisi keadaan, berwarna merah tua karena memiliki banyak darah (Kurniawan,2014).

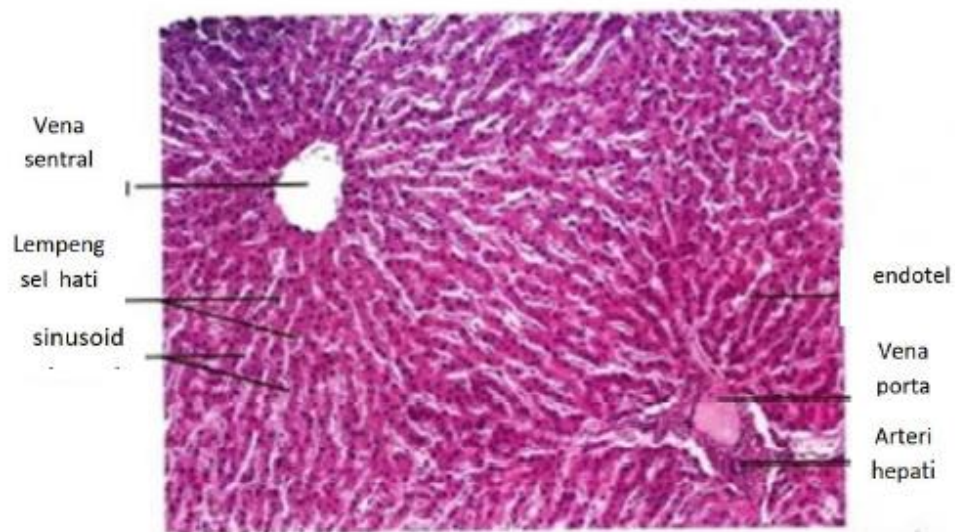


**Gambar 2.2** Morfologi Hepar Normal Mencit (*Mus musculus*).

Hati merupakan organ yang sangat penting dan sangat rentan radikal bebas dan senyawa kimia yang masuk dalam tubuh. Hepar sering menjadi sasaran kerusakan utama akibatnya masuknya bahan toksik salah satunya radikal bebas (Wicaksono,2015). Bahan toksik dapat menyebabkan bermacam-macam jenis seperti degenerasi sel dan nekrosis.

### **2. 5.1 Histologi Hati**

Hepar secara metabolisme memiliki fungsi sebagai organ yang paling kompleks. Organ memiliki berat sekitar 1,35-1,51 gram yang dekat berposisi jantung. Hati menerima peredaran darah dari sistem sirkulasi tubuh melewati organ tubuh serta menampung aliran darah dari sistem porta hasil pengolahan dari hasil penyerapan usus (Rosida,2016).



**Gambar 2.3** Histologi Hepar Mencit Normal (Rarangsari,2015)

Struktur hepar memiliki unsur utama yaitu sel hepatosit. Ketika sel dalam keadaan normal dari sel hepatosit ditandai dengan bentuk bulat dan inti yang jelas terletak di tengah sel. Hubungan sel hepatosit dengan sel hepatosit lainnya dipisahkan oleh saluran yang berkelu-liku dan melebar memiliki diameter tidak beraturan, disebut sinusoid. Sinusoid hepar dilapisi oleh sel endotel bertingkat yang tidak utuh dan mengandung sel-sel fagosit dari sel retikulendotel, yang disebut juga dengan sel Kupffer. Sel Kupffer memiliki sitoplasma yang lebih banyak dengan cabang-cabang yang meluas dan melintang di tengah ruang sinusoid. Inti sel juga besar dan pucat (Maulina, 2018).

Organ hepar menjadi target utama serangan *reactive oxygen species* (ROS) atau radikal bebas. Sel parenkim hepar menjadi sasaran utama ketika terjadi kondisi stres oksidatif yang mengakibatkan kerusakan hepar. Radikal bebas dapat pula dihasilkan oleh mikrosom, peroksisom, dan mitokondria pada sel parenkim. Ketiga Organel tersebut memiliki peran penting dalam mengatur ekspresi gen oksidasi asam lemak di hepar melalui *peroxisome Proliferator Activator receptor* (PPAR). Akibat proses tersebut, sel endotel dan sel Kupffer lebih rentan terhadap stres

oksidatif. Mamalia mengembangkan sistem antioksidan untuk menjaga homeostasis redoks hepar. Namun, ketika ROS berlebihan, homeostasis redoks terganggu dan terjadi stres oksidatif. Ini adalah faktor penting dalam penyakit hepar kronis dan penyakit degeneratif lainnya. Stres oksidatif tidak hanya dapat menyebabkan perubahan lipid, tetapi juga dapat menyebabkan kerusakan pada protein dan DNA yang tidak dapat diperbaiki. Akibatnya, stres oksidatif tidak dapat mengontrol jalur yang mengendalikan fungsi biologis normal. (Li et al., 2015).

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3. 1 Waktu dan Lokasi Penelitian**

Pelaksanaan penelitian dilakukan selama tiga bulan yakni bulan Mei sampai bulan Juli 2023 yang berlokasi di Laboratorium Biofisika dan Laboratorium Optik Program Studi Fisika dan Laboratorium Hewan Coba dan Laboratorium Fisiologi Hewan Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

#### **3. 2 Subjek Penelitian**

Jenis penelitian didasarkan pada metode eksperimental untuk mencari informasi tentang pengaruh pemberian Radio-Frekuensi terhadap kadar Malondialdehida pada hewan coba dan histologi hati pada hewan coba. Penelitian bersifat *in vivo* dengan hewan coba berupa tikus putih (*Mus musculus*).

#### **3. 3 Desain Penelitian**

Ada dua tahap dalam penelitian, tahap pertama untuk mengetahui pengaruh Radio-Frekuensi terhadap kadar malondialdehida darah mencit (*Mus musculus*). Tahap kedua mengetahui pengaruh radio-Frekuensi terhadap histologi hepar mencit (*Mus musculus*). Kemudian kelompok sampel yang tidak diberi perlakuan dijadikan kelompok kontrol negatif.

Penelitian memiliki lima variasi perlakuan, yaitu :

A1 : Pemberian tegangan 0,3 V selama 4 menit

A2 : Pemberian tegangan 0,6 V selama 4 menit

A3 : Pemberian tegangan 1,1 V selama 4 menit

A4 : Pemberian tegangan 1,8 V selama 4 menit

A5 : Pemberian tegangan 2,6 V selama 4 menit

### **3. 4 Alat dan Bahan Penelitian**

#### **3. 4. 1 Alat**

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah

1. Alat Radio-Frekuensi
2. Mikroskop komputer
3. Spektrofotometri vis
4. Pipet tip
5. Kandang hewan uji coba
6. Nipel
7. Neraca digital
8. Sarung tangan
9. Multimeter
10. Kertas label
11. Gunting
12. Tabung BD *vacutainer*
13. Tempat mengikat tikus
14. Vorteks
15. Waterbath
16. Sentrifuge
17. Microtube
18. Spluid 3 ml
19. Cooler Box/Pendingin
20. Embedding casset

21. Inkubator paraffin

### **3. 4. 2 Bahan**

Bahan yang akan digunakan dalam metode penelitian ini yaitu :

1. Sekam
2. Makanan tikus
3. Air putih ( minum tikus)
4. Alkohol 70 %
5. Alkohol 80 %
6. Alkohol 96 %
7. Ethanol Absolut
8. Xylol
9. Paraffin
10. Formalin 10%
11. Larutan TBA(tiobarturat) 0, 67%
12. Larutan TCA( asam trikloro asetat) 10%
13. Hematoxylin
14. Asam Klorida

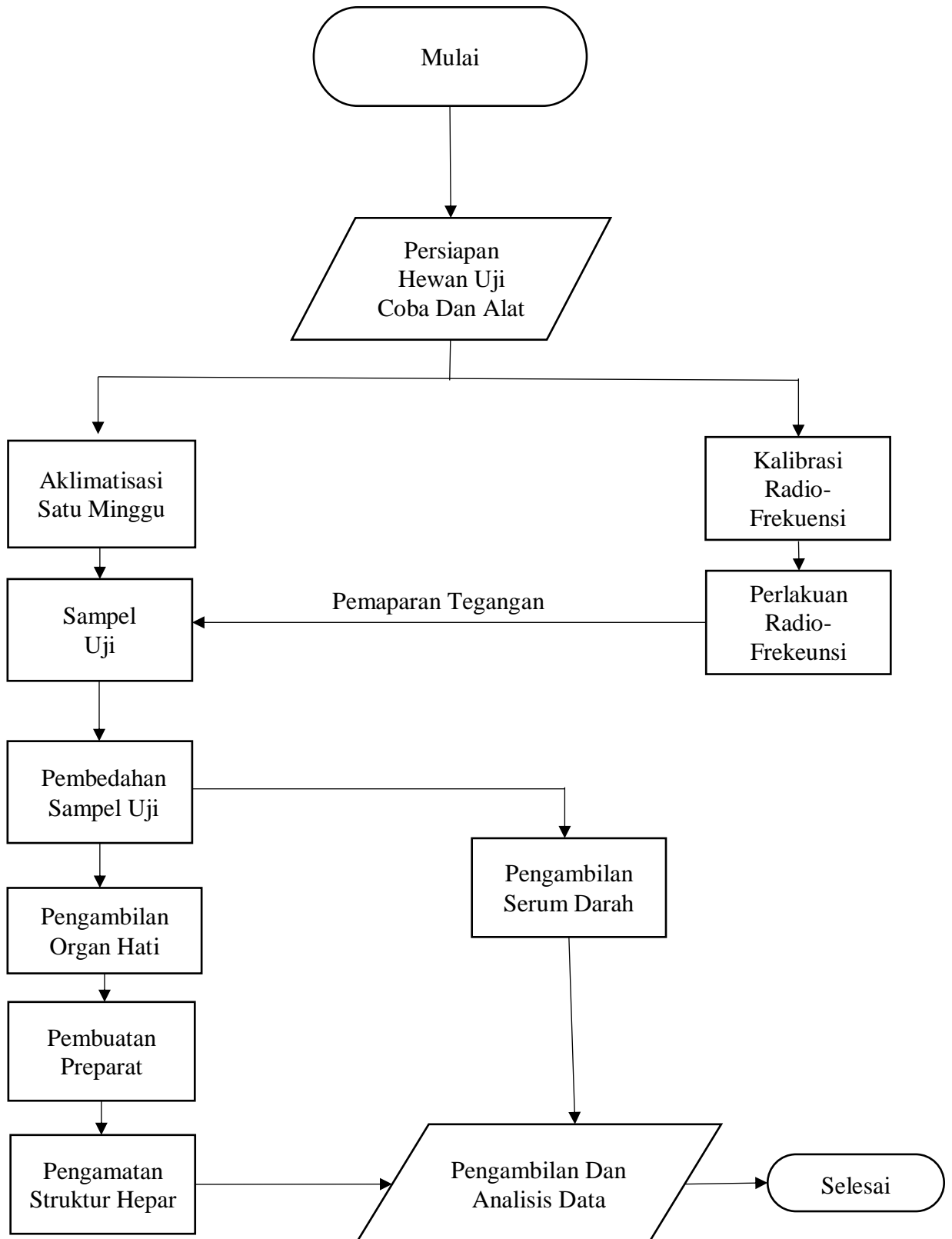
### **3. 5 Variabel Penelitian**

Terdapat tiga variabel dalam penelitian ini, yaitu :

1. Variabel terikat : Kadar Malondialdehida dan Histologi hepar
2. Variabel bebas : tegangan bolak - balik radio-frekuensi (RF)
3. Variabel kontrol : Usia ,jenis kelamin , makanan dan minum tikus

### **3. 6 Alur Penelitian**

Penelitian dilakukan dengan pemaparan arus radio-frekuensi pada mencit pada variabel tegangan. Pengujian yang digunakan adalah posttest control design untuk kadar malondialdehida (MDA) agar bisa dibandingkan kadar MDA sesudah perlakuan dengan kelompok kontrol. Untuk pengujian struktur hepar dianalisis secara deskriptif kualitatif setelah dilakukan pemaparan. Tahapan penelitian memiliki alur sebagai berikut :



**Gambar 3.1** Rancangan Penelitian Secara Umum

### **3. 7 Langkah Kerja Penelitian**

#### **3. 7. 1 Persiapan Sampel**

Aklimatisasi hewan uji coba dilakukan agar hewan beradaptasi di lingkungan baru yang mana setiap kandang ditempatkan satu kelompok perlakuan mencit. Kandang tikus diberi label yang terdiri dari 6 kelompok setelah diaklimatisasi. Kelompok tersebut adalah kelompok kontrol negatif dan kelompok perlakuan dengan 5 variasi tegangan. Sekam kayu jati digunakan pada bagian alas kandang yang di ganti setiap tiga hari sekali. Setiap mencit diberi makan jagung dan pakan Br sebanyak 10 gram . Pemberian pakan akan diberikan setiap dua kali dengan porsi yang sama pada semua tikus. Selain itu , mencit juga diberi minum yang sama rata dengan volume 200 ml pada nipel (botol minum).

#### **3. 7. 2 Pemaparan Arus Radio-Frekuensi (RF)**

Proses pemaparan hewan uji coba dengan arus radio-frekuensi dilakukan sehari sekali durasi 4 menit selama 5 hari berturut-turut. Mekanismenya dengan menginduksikan ketiga elektroda arus RF pada bagian perut mencit. Perlakuan sebelum dilakukan pemaparan hewan uji coba diberi makan guna memaksimalkan energi yang diterima selama waktu pemaparan. Agar lebih mudah proses pemaparan , tangan dan kaki mencit diikat terlebih dahulu.

#### **3. 7. 3 Pengukuran Kadar Malondialdehida Darah Tikus**

##### **A. Pengambilan Plasma Darah**

Hewan coba diikat dan dimatikan untuk memudahkan proses pengambilan darah melalui jantung, lalu dipotong melalui perut dan dibuka rusuk bagian bawah hewan uji coba. Setelah itu ditusuk jantung mencit menggunakan jarum steril, 1 ml darah yang keluar ditampung diakumulasi

dalam tabung BD *Vacutainer* 3 ml. Darah disentrifugasi dengan sentrifuge yang telah ditampung dalam tabung BD *Vacutainer* pada tahap sebelumnya dengan kecepatan 3000 rpm selama 15 menit. Supernatan diambil (substansi hasil sentrifugasi yang memiliki bobot rendah dan berada pada lapisan atas dan di pindahkan ke *microcentrifuge tube* 1,5 ml. Plasma darah hewan coba diambil setelah pemaparan.

#### B. Pengukuran Kadar MDA Sampel

Pengukuran kadar malondialdehida mencit dilakukan metode TBARS. 1 ml dipipet supernatant dari semua perlakuan, baik dari kelompok kontrol negatif maupun kelompok uji coba ke dalam tabung reaksi. Larutan TCA 20% ditambahkan sebanyak 1 ml. Kemudian sentrifugasi dengan kecepatana 3000 rpm selama 10 menit. Setelah itu ditambahkan 1 ml TBA 0,67% ke dalam supernatan 1ml. Diukur absorbansi dari warna yang terbentuk pada  $\lambda = 531$  nm.

### 3. 7. 4 Pembuatan Preparat Histologis Hepar Mencit

Mencit kelompok kontrol negatif dan hasil perlakuan pemaparan arus Radio-Frekuensi selama 5 hari yang telah dimatikan dengan ditekan tekuknya diambil organ hati atau hepar serta dilakukan preparat sebagai berikut :

- 1 Tahap Coating, dimulai dengan pemotongan organ hati menjadi ukuran 2 mm dan dimasukkan ke *embedding casset*, lalu di rendam dengan formalin 10% minimal selama semalam, kemudian di keringkan dengan tissu.
- 2 Tahap selanjutnya, organ hati yang telah di simpan di dalam larutan formalin 10% dicuci dengan alkohol 70 % selama 2 jam, kemudian

dilanjutkan dengan pencucian secara bertingkat dengan alkohol yaitu dengan 90%, 96 % etanol absolut masing- masing 60 menit untuk setiap sesi dan xylol murni selama 60 menit.

- 3 Tahap Infiltrasi , yaitu dimasukkan preparat ke larutan xylol : paraffin 1:1 untuk menggantikann cairan xylol yang menmpel dalam preparat dengan paraffin murni dan dimasukkan ke dalam inkubator.
- 4 Tahap Embedding ,bahan beserta parafin di tuangkan dalam wadah yang telah di persiapkan dan diatur sehingga tidak ada udara yang terperangkap di dekat bahan.Blok Paraffin di biarkan semalaman dalam suhu ruangan, kemudian di inkubasi dalam cooler box/freezer sehingga blok benar-benar keras.
- 5 Tahap Cutting, yaitu pemotongan dengan mikrotom cutter dipanakan dan ditempelkan pada bagian paraffin sehingga sedikit meleleh. Kemudian hati dipotong dengan ukuran 6  $\mu$ m, lalu hasil potongan diambil dengan kuas dan dimasukkan ke air dingin agar lipatan nya terbuka dan dimasukkan ke air hangat dan dilakukan pemilihan irisan terbaik. Irisan diambil dengan gelas objek yang telah dilakukan tahap coating dan dikeringkan dengan *hot plate*.
- 6 Tahap Deparafiasi yaitu preparat di masukkan kedalam xylol sebanyak 2 kali 5 menit.
- 7 Tahap Rehidrasi, preparat di masukkan dalam larutan etanol bertingkat mulai dari etanol absolut (2 kali), etanol 95%, 80%, dan 70% masing-masing selama 5 menit, kemudian preparat direndam dalam aquades selama 10 menit.

- 8 Tahap Painting , preparat ditetesi dengan Hematoxilin selama 3 menit atau sampai didapatkan hasil warna yang terbaik , selanjutnya dibasuh dengan air mengalir selama 30 menit dan dicuci dengan aquades 99% sekitar 5 menit.
- 9 Tahap berikutnya adalah Dehidrasi dengan memasukkan preparat pada seri etanol bertingkat dari 80%, 90%, 95% hingga etanol absolut (dua kali).
- 10 Tahap Pembersihan , dilakukan dengan memasukkan preparat pada xylool sebanyak dua kali selama kurun waktu 5 menit dan dikeringkan
- 11 Tahap terakhir pengeleman dengan etelen. Hasil di amati di bawah mikroskop dan di foto, kemudian di amati dan dicatat tingkat kerusakan organ hati dari masing-masing kelompok perlakuan.

### **3. 7. 5 Pengamatan Struktur Histologi Hati Mencit ( *Mus musculus* )**

Setiap preparat hati diambil 5 lapang pandang yang diamati dibawah mikroskop dengan menggunakan pembesaran 400 kali. Struktur mikroskopik hati yang akan diamati meliputi kondisi sel hati, vena sentralis dan sinusoid. Struktur mikroanatomi hati dianalisis secara deskriptif kualitatif dan dibuat skor derajat kerusakan yang terjadi pada hati.

### **3. 7. 6 Penentuan Kerusakan Hati Mencit ( *Mus musculus* )**

Untuk mengetahui pengaruh paparan arus Radio-frekuensi terhadap hati mencit dilakukan pemeriksaan gambaran hasil hispatologi hati. Jenis kerusakan hepar yang diamati meliputi degenerasi parenkimatososa, dan hidrofik , nekrosis dan sel yang menghilang. Dimana pengamatan histologi menggunakan acuan penilaian denga metode *Manja Roenigk.*( Dasdag,2015)

**Tabel 3. 1** Skorsing Gambaran Histologi hepar

Organ Hati	Skor
Normal (tampak sel polygonal, sitoplasma berwarna merah homogeny, dinding sel berbatas tegas)	1
Kerusakan pada tahap degenerasi parenkimatosa, degenerasi hidropik, nekrosis mencapai kurang dari ½ luas lapang pandang	2
Kerusakan pada tahap degenerasi parenkimatosa, degenerasi hidropik, nekrosis mencapai lebih dari ½ luas lapang pandang	3
Kerusakan pada tahap jumlah sel menghilang kurang dari setengah lapang pandang	4
Kerusakan pada tahap jumlah sel menghilang	5

### 3. 8 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan mengamatai hasil morfologis hati dan menilai struktur mikroanatomi hati dan paru-paru yang dianalisis secara deskriptif kualitatif berdasarkan skoring derajat kerusakan hati. Pengambilan data kadar malondialdehida dilakukan dengan menentukan nilai absorbansi berdasarkan nilai yang terbaca dalam spektrofotometri dengan Panjang gelombang 531 nm.

**Tabel 3.2** Hasil Hasil Kadar Malondialdehida Darah Mencit (*Mus musculus*)

Kelompok Uji	Ulangan			
	1	2	3	4
Kelompok Kontrol				
Kelompok 1				
Kelompok 2				
Kelompok 3				
Kelompok 4				
Kelompok 5				

**Tabel 3.3** Hasil Kerusakan Hati Mencit (*Mus musculus*)

Kelompok Uji	Ulangan			
	1	2	3	4
Kelompok Kontrol				
Kelompok 1				
Kelompok 2				
Kelompok 3				
Kelompok 4				
Kelompok 5				

### 3. 9 Analisis Data

Data tentang histologi hepar dan kadar malondialdehida darah mencit dianalisis menggunakan IBM SPSS Statistics versions 26 dengan menggunakan One Way ANOVA untuk melihat apakah ada perbedaan antar perlakuan. Setelah itu dilakukan uji DMRT (Duncan's Multiple Range Test) untuk melihat perbedaan pengaruh antar perlakuan.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Preparasi Sampel dan Objek Penelitian

Hewan uji coba untuk mengetahui pengaruh paparan Radio-Frekuensi terhadap kadar malondialdehida darah dan histologi hepar adalah Mencit (*Mus musculus*) berwarna putih galur ,berjenis kelamin jantan , serta yang telah berumur 4-5 minggu (usia remaja menuju dewasa) ,berjumlah 30 ekor yang diaklimatisasi di Laboratorium Hewan Coba Program Studi Biologi Universitas Islam Negeri Maulana Maliki Ibrahim Malang.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap(RAL) dengan pemaparan radio-frekuensi yang untuk hewan uji coba mencit (*Mus musculus*) yang akan di beri perlakuan dibagi menjadi 6 kelompok , yaitu 0 V (kontrol); 0,3 V; 0,6 V; 1,1V; 1,8 V; 2,6 V.Tiap perlakuan membutuhkan 4 kali ulangan.Kontrol suhu menggunakan suhu ruang ( $27^{\circ}\text{C}$  ).Pada saat dilakukan paparan radio-frekuensi mencit (*Mus musculus*) dibawa ke Laboratorium Optik Program Studi Fisika secara rutin selama 1 minggu dengan dosis satu hari tiga menit perlakuan untuk setiap kelompok perlakuan.

#### 4.2 Data Hasil Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian berjenis eksperimental dengan menggunakan hewan coba mencit (*Mus musculus*). Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh pemberian aliran tegangan bolak - balik radio-frekuensi terhadap kadar malondialdhida dan histologi hepar pada mencit (*Mus musculus*).

Penelitian ini dilaksanakan dengan tiga tahap, untuk tahap pertama yaitu aklimatisasi selama satu minggu agar hewan uji coba melakukan penyesuaian fisiologis terhadap lingkungan baru yang dimasuki hewan uji coba. Tahap kedua, yaitu preparasi alat radio-frekuensi dan pengukuran gelombang yang terpancar dan tegangan yang dihasilkan oleh alat radio-frekuensi. Setelah itu, dilakukan pemaparan radio-frekuensi dengan kurun waktu 4 menit selama 5 hari berturut-turut. Mencit yang akan di beri perlakuan yang terbagi menjadi enam kelompok. Kelompok ini terdiri dari variasi tegangan (0 V; 0.3 V; 0.6 V; 1.1 V; 1.8 V; 2.6 V). Tahap Ketiga yaitu adalah pembuatan preparat hati untuk histologi hati digunakan sebagai penentuan kerusakan dari hati dan pengambilan sampel darah melalui jantung untuk pengujian kadar malondialdehida mencit (*Mus musculus*). Tiga tahap tersebut akan menghasilkan data yang dapat diolah dan dianalisis.

#### **4.2.1 Hasil Pengujian Tegangan dan Frekuensi Alat Arus Frekuensi Radio**

Pemaparan Radio-Frekuensi dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat Radio-Frekuensi (RF). Alat tersebut memiliki arus tetap dan tegangan yang dapat divariasikan. Frekuensi Radio (RF) merupakan tegangan bolak-balik yang menggunakan arus bolak-balik (AC).



**Gambar 4.1** Pengukuran frekuensi menggunakan osiloskop.

Sebelum pemaparan dilakukan, alat radio-frekuensi dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan osiloskop dan multimeter untuk mengetahui frekuensi dan tegangan yang diperoleh pada alat radio-frekuensi. .Selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.1:

**Tabel 4.1** Hasil Uji Frekuensi dan Tegangan pada Alat Radio-Frekuensi

No	Frekuensi Pengujian (MHz)	Nilai Tegangan Hasil Pengujian (V)
1	2,2	0,3
2	2,4	0,6
3	2,8	1,1
4	3,3	1,8
5	3,7	2,6

Dimana, tegangan memberi efek termal yang dapat meningkatkan kerja syaraf dan bisa diaplikasikan pada beberapa bidang, terutama dunia kesehatan. Dunia kesehatan merupakan salah satu bidang yang memanfaatkan gelombang radio frekuensi sebagai terapi kesehatan (Aswin,2013).

Paparan radio-frekuensi memiliki potensi untuk menginduksi efek biologis pada manusia. Mekanisme ini melibatkan efek termal yang dihasilkan alat Radio-Frekuensi (RF) yang berinteraksi dengan lapisan kulit, merangsang sistem di bawah lapisan epidermis. Stimulasi ini menciptakan reaksi distribusi termal, termasuk reaksi non-termal yang intens terhadap molekul-molekul di bawah epidermis.

Interaksi ini menghasilkan keterlibatan yang signifikan antara molekul-molekul lemak dalam jaringan adiposa, yang mengakibatkan terjadinya lipolysis (Fukushima,2016).

#### 4.2.2. Pengaruh Aliran Tegangan Bolak - Balik Radio-Frekuensi terhadap Kadar Malondialdehida Darah Mencit (*Mus musculus*) .

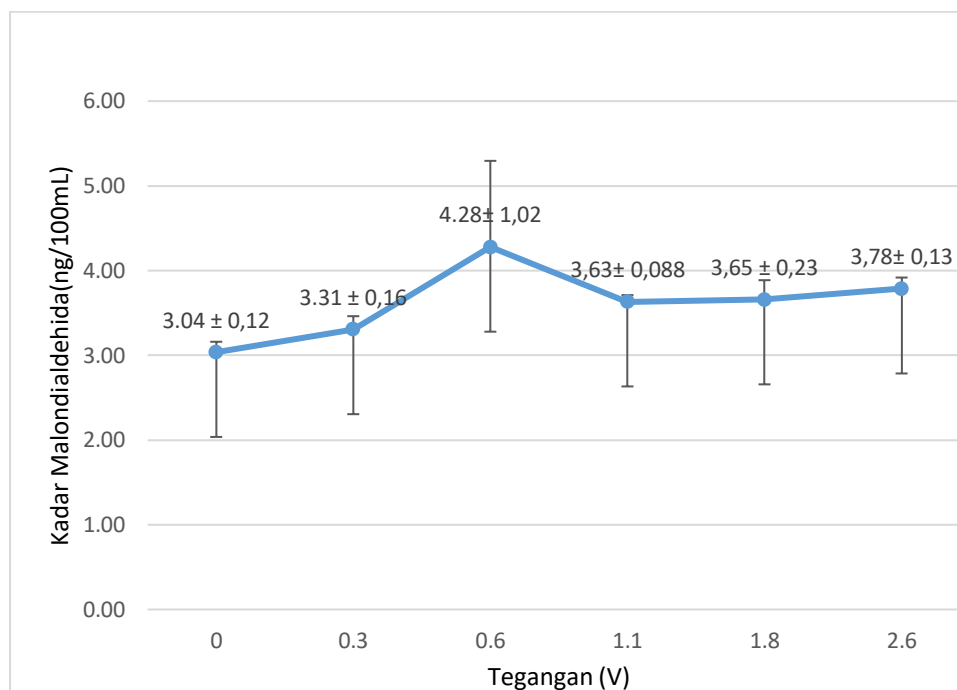
Data hasil kadar malondialdehida (MDA) mencit (*Mus musculus*) menunjukkan perbedaan yang signifikan ketika variasi arus tegangan dengan waktu yang sama. Hal itu dapat dilihat pada tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Hasil Kadar Malondialdehida Darah Mencit (*Mus musculus*)

Tegangan (V)	Kadar Serum Malondialdehida (ng/100ml)				
	1	2	3	4	Rata-rata
<b>0 V</b>	2,92	2,95	3,07	3,19	3,03 ± 0,12
<b>0,3 V</b>	3,09	3,29	3,36	3,46	3,30 ± 0,16
<b>0,6 V</b>	3,46	3,46	5,56	4,62	4,28 ± 1,02
<b>1,1 V</b>	3,72	3,53	3,64	3,62	3,63 ± 0,08
<b>1,8 V</b>	3,62	3,45	3,56	3,98	3,65 ± 0,23
<b>2,6 V</b>	3,97	3,67	3,77	3,72	3,78 ± 0,13

Berdasarkan pada tabel 4.1 memperlihatkan bahwasanya kadar serum malondialdehida pada kelompok kontrol memiliki rata-rata terendah yaitu  $3,03 \pm 0,123$  ng/100ml. Ketika hewan uji coba diberi tegangan tegangan bolak - balik sebesar 0,3 V mengalami rata-rata kadar malondialdehida pada darah hewan yaitu  $3,30 \pm 0,16$  ng/100ml .Namun ,saat hewan uji coba diberi tegangan tegangan bolak - balik sebesar 0,6 V mengalami rata-rata kadar malondialdehida pada darah hewan yaitu  $4,28 \pm 1,02$  ng/100ml . Ketika hewan uji coba diberi tegangan tegangan bolak - balik sebesar 1,1 V mengalami rata-rata kadar malondialdehida pada darah hewan yaitu  $3,63 \pm 0,08$  ng/100ml. Ketika hewan uji coba diberi tegangan tegangan bolak - balik sebesar 1,8 V mengalami rata-rata kadar malondialdehida pada darah hewan yaitu  $3,65 \pm 0,23$  ng/100ml. Ada pun untuk variabel terakhir hewan uji coba yang

diberi tegangan tegangan bolak - balik sebesar 2,6 V mengalami rata-rata kadar malondialdehida pada darah hewan yaitu  $3,78 \pm 0,13$  ng/100ml. Selanjutnya data pada tabel 4.1 pengaruh tegangan pada kadar serum malondialdehida darah mencit (*Mus musculus*) dibuat plot:



**Gambar 4.2** Grafik Pengaruh Paparan Radio Frekuensi terhadap Kadar Malondialdehida darah Mencit (*Mus musculus*).

Berdasarkan gambar 4.2 grafik menunjukkan adanya perubahan kadar MDA secara fluktuatif. Perlakuan kontrol (0 V) menghasilkan kadar MDA terendah senilai  $3,03 \pm 0,123$  ng/100ml. Sampel yang diberi perlakuan dengan tegangan 0,3 V menghasilkan kadar MDA senilai  $3,30 \pm 0,145$  ng/100ml. Ketika sampel diberi tegangan bolak - balik sebesar 0,6 V, kadar MDA meningkat tajam menjadi  $4,27 \pm 1,145$  ng/100ml daripada nilai sebelumnya. Namun saat sampel dipapari tegangan bolak - balik sebesar 1,1 V kadar serum malondialdehida pada sampel mengalami penurunan dan menghasilkan rata-rata sebesar  $3,63 \pm 0,077$  ng/100ml. Kemudian saat sampel diberi perlakuan paparan radio-frekuensi dengan variasi tegangan bolak

- balik tegangan sebesar 1,8 V menunjukkan peningkatan kembali kadar MDA pada mencit (*Mus musculus*) yakni  $3,65 \pm 0,232$  ng/100ml. Untuk perlakuan terakhir paparan radio frekuensi dengan tegangan sebesar 2,6 V menunjukkan kenaikan dari nilai sebelumnya yaitu  $3,78 \pm 0,132$  ng/100ml.

Selanjutnya guna mengetahui signifikansi pengaruh paparan radio-frekuensi terhadap kadar serum malondialdehida, perlu dilakukan uji statistik *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk semua perlakuan. Hasil dari uji ANOVA dapat dilihat pada tabel 4.3;

**Tabel 4.3** Hasil ANOVA Terhadap Kadar Serum Malondialdehida

	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rata-Rata Kuadrat Kadar MDA	F hitung	Sig
Antar Grup	3,602	5	0,72	3,908	0,014
Dalam Grup	3,318	18	0,184		
Total	6,921	23			

Keterangan :

Sig.

$H_0$  = Tidak terdapat pengaruh paparan radio-frekuensi variasi tegangan terhadap kadar serum malondialdehida pada mencit (*Mus musculus*).

$H_1$  = Terdapat pengaruh paparan radio-frekuensi variasi tegangan terhadap kadar serum malondialdehida pada mencit (*Mus musculus*).

Syarat = jika sig. < 0,05 maka  $H_0$  ditolak

Hasil dari uji SPSS dengan *One Way Analysis of Variance* (ANOVA) pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai signifikansi yang diperoleh yaitu 0,014. Hal itu mengindikasikan bahwa signifikansi kurang dari 0,05 ( $p < 0,05$ ) sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Oleh karena itu pengaruh paparan radio-frekuensi dengan variasi tegangan terhadap kadar serum darah malondialdehida pada mencit (*Mus musculus*) memiliki perbedaan yang nyata. Kemudian dilanjutkan dengan uji

DMRT untuk membandingkan rata-rata dari masing-masing kelompok data.

Berikut adalah hasil uji DMRT yang disajikan pada tabel 4.3 :

Terdapat kadar tiga subset yang dihasilkan melalui uji Duncan pada kadar serum malondialdehida yaitu a, b dan c. Berdasarkan pada tabel 4.3 yang memperlihatkan bahwa adanya perbedaan yang secara signifikan untuk setiap perlakuan yang dilakukan terhadap sampel mencit (*Mus musculus*). Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 4.4 :

**Tabel 4.4** Hasil Dulcan DMRT terhadap Kadar Serum Malondialdehida

Perlakuan	Kadar Hemoglobin (g/100uL)	Notasi Huruf
0 V	3,03	a
0,3 V	3,30	ab
1,1 V	3,63	bc
1,8 V	3,65	bc
2,6 V	3,78	bc
0,6 V	4,27	c

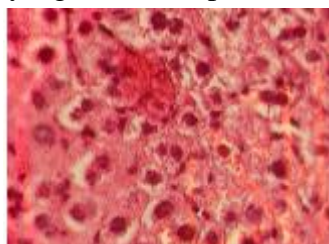
Notasi yang mengandung huruf yang sama menunjukkan bahwa perlakuan tersebut tidak berbeda. Notasi yang mengandung huruf berbeda menunjukkan bahwa perlakuan tersebut berbeda nyata. Merujuk pada tabel 4.4 menjelaskan bahwa paparan radio frekuensi dengan variasi tegangan memiliki perbedaan nyata pada saat perlakuan tegangan listrik 0 V dan 0,6 V. Sedangkan untuk perlakuan dengan variasi tegangan 0,3 V, 1,1 V, 1,8 V, serta 2,6 V memiliki perbedaan yang tidak signifikan karena adanya notasi berupa huruf campuran.

Kadar serum malondialdehida (MDA) darah sebagai indikator tingkat stress oksidatif mencit tidak mengalami perubahan pada kelompok kontrol 0 V. Kemudian kadar MDA naik seiring dengan naiknya tegangan. Semakin tinggi panas dihasilkan, maka tubuh meningkatkan produksi radikal bebas dalam tubuh, yang

dapat menghasilkan stres oksidatif mengalami peningkatan. Peningkatan stres oksidatif mengakibatkan peningkatan pada kadar malondialdehida (Muliando, 2020).

#### **4.2.3 Pengaruh Aliran Tegangan Bolak - Balik Radio-Frekuensi terhadap Histologi Hati Mencit (*Mus musculus*).**

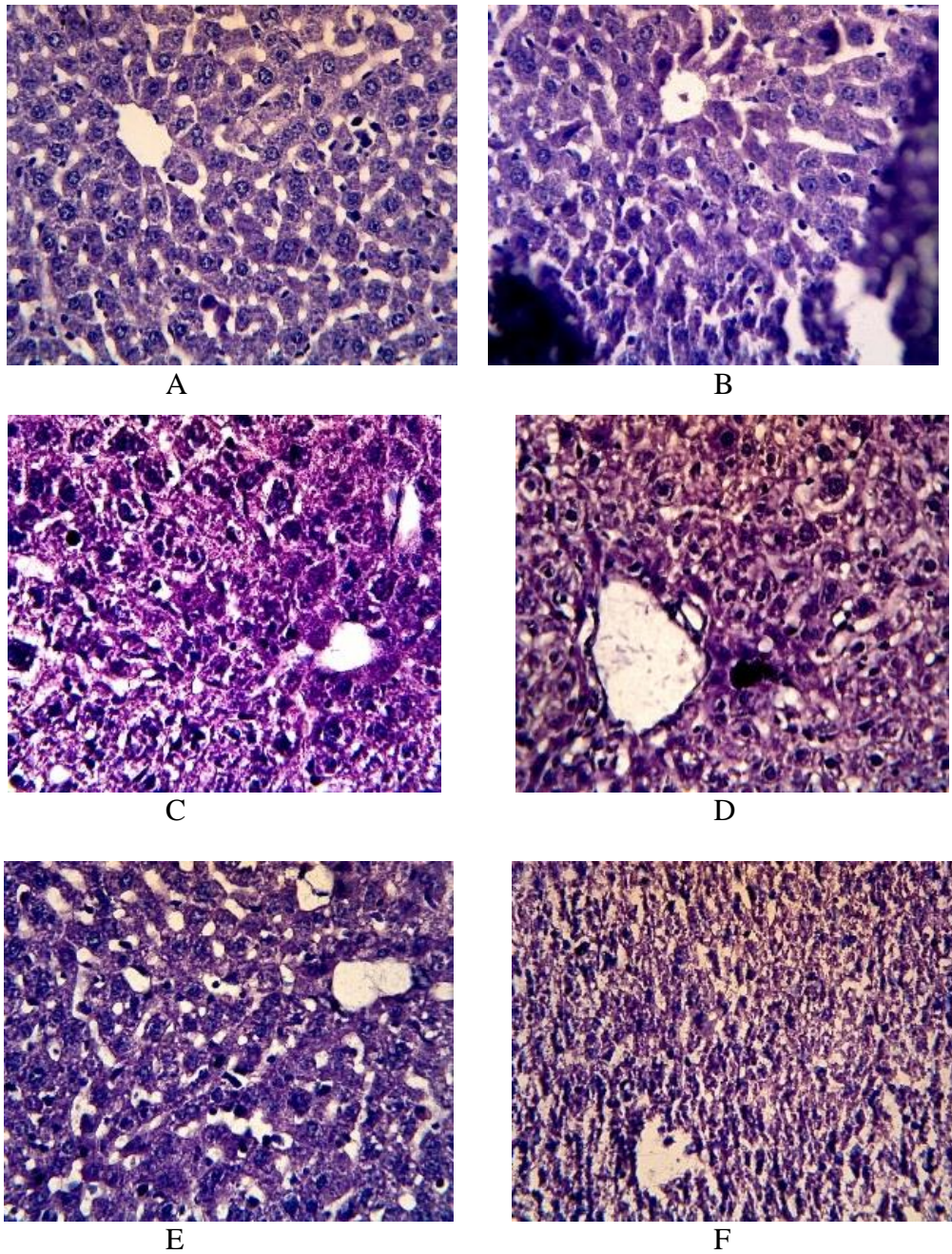
Setelah diberi paparan Radio-Frekuensi, Sampel diukur menggunakan metode *Manja Roenigk* untuk mengetahui histologi hati mencit (*Mus musculus*). Pemerolehan data histologi hati mencit berasal dari perbesaran 400 kali menggunakan mikroskop komputer menunjukkan perbedaan yang signifikan ketika dilakukan variasi arus tegangan dengan waktu yang sama terhadap mencit. Hal itu dapat dilihat pada terlihat adanya perbedaan dari histologi hati mencit normal dengan histologi hati mencit yang diberikan perlakuan.



**Gambar 4.3** Histologi Hepar Mencit (*Mus musculus*) Normal

(Rahman, 2016).

Hati mencit yang normal dari sel hepatosit ditandai dengan bentuk bulat dan inti yang jelas terletak di tengah sel. Antara satu sel hepatosit dengan sel hepatosit lainnya dipisahkan oleh saluran yang berliku-liku, melebar diameternya tidak beraturan, yang disebut sinusoid. Kelompok yang diberi perlakuan Radio-Frekuensi dengan variasi tegangan, menghasilkan gambar histologi yang berbeda dari setiap perlakuan dengan hasil sebagai berikut:



**Gambar 4.4** Gambaran Histologi Hati Mencit. (A) Kontrol Negatif, (B) Perlakuan 0,3 V, (C) Perlakuan 0,6 V, (D) Perlakuan 1,1 V, (E) Perlakuan 1,8 V, dan (F) Perlakuan 2,6V

Dari gambar 4.4 perlakuan gambar A dan gambar B tidak ditemukan kerusakan masif yang berarti mayoritas sel hepatosit yang terlihat utuh, lengkap dengan inti sel, sitoplasma bulat dan sel polygonal dinding sel yang masih berbatas jelas. Sedangkan untuk kelompok yang diberi perlakuan paparan Radio-Frekuensi

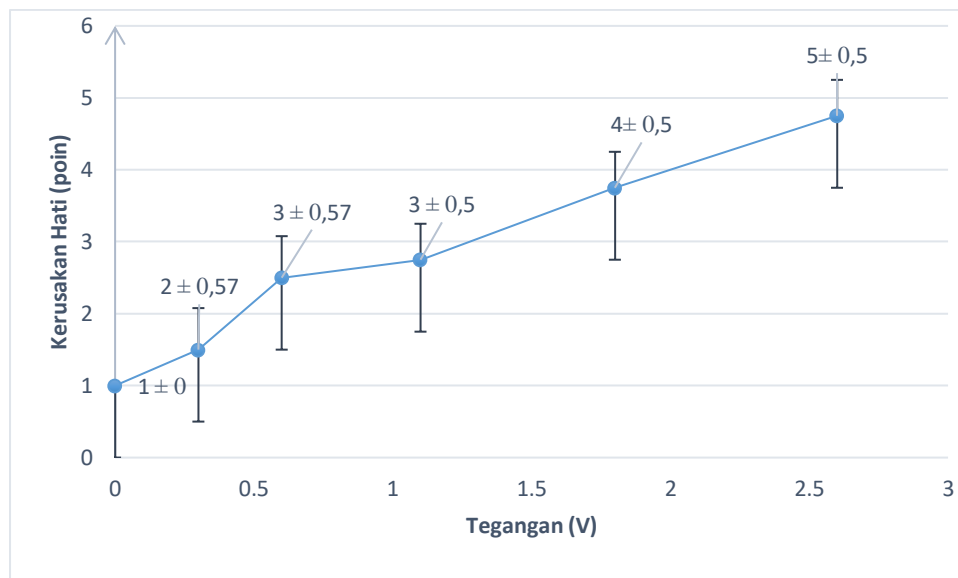
mengalami kerusakan sel. Sel-sel tersebut mengalami nekrosis, degenerasi hidropnik ,degenerasi parenkim dan sampai hilangnya inti sel.

Berdasarkan analisis gambar yang dihasilkan data hasil histologi hepar mencit (*Mus musculus*) menggunakan metode *Manja Roenigk* menunjukkan perbedaan yang signifikan ketika variasi arus tegangan dengan waktu yang sama. Hal itu dapat dilihat pada tabel 4.4:

**Tabel 4.5** Data Hasil Histologi Hati Mencit (*Mus musculus*)

Tegangan (V)	Waktu (menit)	Nilai Ulangan				
		1	2	3	4	Rata-rata
0 V	3 menit	1	1	1	2	$1 \pm 0$
0,3 V	3 menit	1	2	2	1	$2 \pm 0,577$
0,6 V	3 menit	2	3	3	2	$3 \pm 0,577$
1,1 V	3 menit	3	2	3	3	$3 \pm 0,5$
1,8 V	3 menit	4	4	3	4	$4 \pm 0,577$
2,6 V	3 menit	5	5	4	5	$5 \pm 0,5$

Berdasarkan pada tabel 4.5 memperlihatkan bahwasanya histologi hati menggunakan analisis *Manja Roenigk* pada kelompok kontrol (0 V) memiliki rata-rata terendah yaitu  $1 \pm 0$  poin. Perlakuan hewan uji coba perlakuan 0,3 V mengalami rata-rata kenaikan poin pada hewan senilai  $2 \pm 0,577$  poin. Saat hewan uji coba diberi paparan radio-frekuensi sebesar 0,6 V mengalami rata-rata pada kerusakan hati hewan yaitu  $3 \pm 0,577$ . Ketika hewan uji coba diberi tegangan tegangan bolak - balik sebesar 1,1 V mengalami rata-rata hewan yaitu  $3 \pm 0,5$  poin. Ketika hewan uji coba diberi tegangan tegangan bolak - balik sebesar 1,8 V mengalami rata-rata poin hewan yaitu  $4 \pm 0,577$ . Ada pun untuk perlakuan terakhir hewan uji coba yang diberi tegangan tegangan bolak - balik sebesar 2,6 V memiliki rata-rata nilai kerusakan yang paling tinggi yaitu  $5 \pm 0,5$  poin. Selanjutnya data pada tabel 4.5 yaitu pengaruh tegangan pada histologi hepar mencit (*Mus musculus*) dibuat grafik pada gambar 4.2.



**Gambar 4.5** Pengaruh Paparan Radio Frekuensi terhadap Hati Mencit (*Mus musculus*).

Berdasarkan gambar 4.5 grafik menunjukkan adanya perkembangan yang berbeda dan mengalami kenaikan disetiap kenaikan tegangan dinaikkan dan naik secara bertahap setelahnya. Perlakuan kontrol (0 V) dengan kadar  $1 \pm 0$  poin. Perlakuan pertama dengan tegangan 0,3 V menghasilkan nilai histologi hati berkisar  $2 \pm 0,57$  poin. Sampel diberi tegangan sebesar 0,6 V menghasilkan nilai histologi hepar mencit (*Mus musculus*)  $3 \pm 0,57$  poin yang mengalami kenaikan daripada nilai sebelumnya.

Sampel dipapari tegangan bolak - balik sebesar 1,1 V kadar serum malondialdehida pada sampel poin kerusakan mengalami kenaikan signifikan dan menghasilkan rata-rata kerusakan hati senilai  $3 \pm 0,5$  poin. Sedangkan pada saat sampel diberi perlakuan paparan radio-frekuensi dengan variasi tegangan bolak - balik tegangan sebesar 1,8 V menunjukkan kerusakan hati pada mencit (*Mus musculus*) memiliki rata-rata yaitu  $4 \pm 0,5$  poin. Untuk perlakuan terakhir yaitu saat sampel diberi perlakuan paparan radio frekuensi dengan tegangan sebesar 2,6 V menunjukkan kenaikan dari nilai sebelumnya yaitu  $5 \pm 0,5$  poin. Untuk mengetahui

lebih jelas pengaruh variasi tegangan terhadap hati mencit maka dilakukan uji *One Way ANOVA*.

**Tabel 4.6** Hasil ANOVA terhadap Histologi Hepar Mencit ( *Mus musculus* )

	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rata-Rata Kuadrat	F hitung	Sig
Antar Grup	35,500	5	7,100	25,560	0,00
Dalam Grup	5,000	19	0,278		
Total	40,500	23			

Berdasarkan data hasil penelitian tentang pengaruh paparan radio-frekuensi dengan variasi tegangan dan waktu paparan yang sama terhadap organ hati/hepar mencit (*Mus musculus*) dilihat dari uji ANOVA dengan metode *One way* menunjukkan nilai  $p = 0.000$ , nilai signifikan yang dihasilkan lebih kecil dari 0.050 ( $p < 0.050$ ) sehingga  $H_0$  ditolak, bahwasanya adanya pengaruh yang terlihat antara paparan radio-frekuensi variasi tegangan terhadap histologi hati mencit dari masing-masing kelompok pemaparan. Sebagaimana yang terlihat pada tabel 4.6.

Untuk mengetahui nilai tingkat kerusakan akibat paparan radio frekuensi terhadap histologi hepar mencit (*Mus musculus*) pada setiap perlakuan maka perlu dilakukan uji statistik DMRT seperti tabel 4.6:

**Tabel 4.7** Hasil *Duncan Multiple Range Text* terhadap Kadar Malondialdehida

Perlakuan	Rata-rata Histologi Hati	Notasi Huruf
0 V	$1 \pm 0$	a
0,3 V	$2 \pm 0,57$	a
0,6 V	$3 \pm 0,57$	b
1,1 V	$3 \pm 0,5$	b
1,8 V	$4 \pm 0,5$	c
2,6 V	$5 \pm 0,5$	d

Notasi yang mengandung subset yang sama menunjukkan bahwa perlakuan tersebut tidak berbeda. Notasi yang mengandung huruf berbeda menunjukkan bahwa perlakuan tersebut berbeda nyata. Dari hasil analisis menggunakan aplikasi DMRT

dapat dilihat ada beberapa perbedaan antara beberapa perlakuan. Perlakuan Kontrol dan perlakuan 0,3 V memiliki subset a yang dapat diartikan sel hepatosit masih utuh dengan inti tidak mengalami kerusakan pada tahap degenerasi parenkimatososa dan nekrosis yang hanya mencapai kurang dari setengah luas lapang pandang secara signifikan. Sementara kerusakan pada tahap perlakuan 0,6 V dan perlakuan 1,1 V memiliki subset b yang artinya degenerasi hidroponik dan nekrosis mencapai kurang dari setengah luas lapang pandang. Selanjutnya untuk perlakuan 1,8 V mengalami kenaikan yang signifikan dan memiliki nilai subset c hal itu menandakan bahwasanya peningkatan tegangan membuat tingkat kerusakan yang lebih tinggi dari perlakuan sebelumnya. Untuk Perlakuan terakhir dengan variasi tegangan 2,6 V memiliki tingkat kerusakan yang paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol dan semua perlakuan sebelumnya. Hal itu menandakan kenaikan tegangan pada Radio-frekuensi nilai kerusakan pada hati mencit (*Mus musculus*).

Kenaikan nilai kerusakan ini diakibatkan panas yang dihasilkan oleh alat Radio-Frekuensi yang membuat tubuh sampel mengalami peningkatan oksidatif stress yang dimana oksidatif stress pada tubuh diakibatkan radikal bebas yang dalam tubuh bereaksi dengan PUFA (*Polyunsaturated Fatty Acids*) (Ayala,2014).

### **4.3 Pembahasan Hasil Penelitian**

#### **4.3.1 Pengaruh Aliran Tegangan Bolak - Balik Radio-Frekuensi terhadap**

##### **Kadar Malondialdehida Darah Mencit ( *Mus musculus* ) .**

Pada penelitian ini, mencit yang telah diaklimatisasi selama satu minggu kemudian dialiri tegangan bolak - balik Radio-Frekuensi sesuai dengan kelompoknya masing-masing. Kemudian diambil data kadar malondialdehida dihari terakhir setelah pemaparan. Kadar malondialdehida pada mencit diuji

menggunakan metode TBARS. setelah dipapari aliran Radio-Frekuensi selama 5 hari.

Metode TBARS dilakukan dengan menggunakan sampel darah mencit yang telah disentrifugasi lalu diambil supernatan dari darah setelah itu ditambahkan *Thiobarbiturat acid* (TBA) dan *Triokloro asetat* (TCA) dan setelah itu sampel tersebut dibaca di spektrofotometri.

Berdasarkan penerapannya, perlakuan menggunakan radio-frekuensi merupakan metode perlakuan non farmakologi. Panas yang dihasilkan oleh radio-frekuensi akan diterima kulit sebagai rangsangan panas ke hipotalamus, sehingga tubuh akan mempertahankan suhu tubuhnya dengan cara meningkatkan metabolisme tubuh untuk menghasilkan pengeluaran panas lebih kepada lingkungan. Semakin banyak tubuh mengeluarkan panas, hal ini menandakan laju metabolismenya semakin meningkat pula sehingga hal itu meningkatkan stress oksidatif (Hengkengbala, Polii, & Wungouw, 2013).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian radio-frekuensi mampu meningkatkan radikal bebas yang ditunjukkan dengan peningkatan kadar MDA setiap perlakuan. Mekanisme kerja radio-frekuensi ini menyebabkan kerja enzim siklooksiginase mengalami peningkatan. Enzim siklooksiginase adalah enzim yang memiliki peran dalam peroksidasi lipid enzimatis yang nantinya membuat hasil produk berupa malondialdehida (Ayala, 2014). Bertambahnya kerja enzim siklooksigenase menyebabkan bertambahnya jumlah PUFA (*Polyunsaturated Fatty Acids*) yang direaksikan untuk membentuk Prostaglandin H<sub>2</sub>. Bertambahnya pembentukan PGH<sub>2</sub> ini tentunya mengakibatkan kenaikan kadar MDA darah Mencit (*Mus musculus*) yang merupakan produk lainnya yang utama yaitu

Trombositosis A2. Peroksidasi lipid yang terjadi terus menerus pada darah akan berbahaya karena trombositosis A2 dapat menyebabkan infark miokardial pada jantung.

Penelitian yang dilakukan Topal (2015), menyatakan bahwa paparan gelombang elektromagnetik radio-frekuensi setiap 1 jam/hari menunjukkan peningkatan pada kadar stress oksidatif tubuh hal itu memicu pembentukan malondialdehid dalam darah. Mencit jantan memiliki kadar malondialdehid normal berkisar 0,26-0,33 ng/100ml (Wulandari,2016). Berdasarkan kadar normal atau tanpa perlakuan yang ada di hasil mencit menunjukkan bahwasanya memiliki kadar 3,03675 ng/100uL. Hal ini merupakan nilai terkecil dari setiap data yang ada dalam penelitian dan memiliki masih berada batas normal kadar malondialdehid. Kelompok perlakuan 0,3 V menunjukkan adanya peningkatan dalam kadar malondialdehid dalam darah mencit yang mengindikasikan perlakuan tersebut mampu meningkatkan peningkatan kadar malondialdehid 3,30525 ng/100ml. Hal ini menunjukkan perlakuan 0,3 V melewati batas normal kadar malondialdehid darah pada mencit.

Peningkatan terjadi secara signifikan dan tertinggi pada kadar kelompok 0,6 V yang memiliki rata-rata 4,27875 ng/100ml yang memiliki data 3,463 ng/100uL; 3,463 ng/100ml ;5,568 ng/100ml; dan 4,621 ng/100ml.hal itu disebabkan karena faktor luar yaitu perkuliahan antara 2 sampel. Sehingga menyebabkan radikal bebas yang berasal dari luar menginfeksi bekas dan bersama aliran darah yang menyebabkan terjadinya pembentukan MDA melalui dua mekanisme yaitu jalur enzimatik dan jalur non-enzimatik (Ayala, 2014).

Aliran tegangan bolak - balik Radio-Frekuensi dengan 2,6 V selama 3 meniti mengakibatkan peningkatan kadar malondialdehida hingga nilai besar secara merata yaitu 3,974 ng/100ml; 3,674 ng/100ml; 3,779 ng/100ml; dan 3,716 ng/100ml. Hal ini disebabkan oleh peningkatan suhu yang dihasilkan oleh alat Radio-Frekuensi yang menyabakan enzim siklooksigenase aktif hal itu menyebabkan semakin banyaknya pembentukan ROS salah satunya yaitu MDA. Aliran tegangan bolak - balik menimbulkan efek panas atau termal yang masuk ke tubuh sama halnya dengan perlakuan saua yang merupakan untuk mempertahankan suhu tubuh inti tubuh meskipun mekanisme yang ada berbeda.

Penelitian lain dengan Radio-Frekuensi 1 MHz dan daya 100 W terhadap hati ayam untuk menunjukkan efek yang lebih kuat pada degradasi lemak dibandingkan dengan yang dihasilkan alat ultrasonik. Hal itu dikarenakan panas endogen diproduksi pada jaringan yang terpapar (Kiedrowicz et al., 2022).

#### **4.3.2 Pengaruh Aliran Tegangan Bolak - Balik Radio-Frekuensi terhadap Histologi Hepar Mencit (*Mus musculus*) .**

Penelitian tentang pengaruh paparan Radio-Frekuensi dengan variasi tegangan terhadap organ hati mencit, direpresentasikan melalui pengamatan terhadap gambaran histologi hati pada setiap perlakuan. Preparat hati mencit di amati di bawah mikroskop komputer dengan menggunakan perbesaran 400 kali. Pengambilan preparat hati dilakukan pasca 3-7 hari pasca pemaparan Radio-Frekuensi yang dilakukan selama 5 hari berturut-turut. Setiap preparat diberi skor kerusakan sesuai dengan skor yang sudah ditetapkan melalui metode *Manja Roenigk*.

Gambaran histologi hati dari hasil analisis penelitian diketahui bahwasanya perlakuan kontrol bersifat negatif dan kelompok perlakuan 0,3 V tidak ditemukan kerusakan hal itu dikarenakan tidak ada atau sedikitnya paparan Radio-Frekuensi yang terdampak pada sampel mencit (*Mus musculus*) sehingga menyebabkan histologi hepar pada mencit tidak mengalami kerusakan (nekrosis) yang berarti. Nekrosis adalah kerusakan sel yang bersifat permanen yang dapat terjadi akibat paparan zat dari dalam maupun luar tubuh, yang menyebabkan kematian sel atau jaringan. Nekrosis sel hati juga dapat terjadi pada kelompok kontrol namun tidak termasuk dalam kejadian patologi karena dalam keadaan normal nekrosis dalam hati juga dapat terjadi (Bayu,2014).

Sel yang normal memperlihatkan setiap lobulus memiliki lempeng hepatosit dengan batas yang jelas, inti bulat dengan kromatin tersebar dan menyerap zat warna sempurna. Untuk hati yang mengalami kerusakan, terlihat adanya pelebaran vena sentralis, peradangan pada vena sentralis, sinusoid disekitar vena mengalami pelebaran, degenerasi parinkimatosia dan degenerasi hidroponik(Kietzman,2017). Pada penelitian ini selain kelompok kontrol negatif ,sel hepatosit pada perlakuan lainnya mengalami nekrosis yang ditandai dengan kerusakan organel-organel sel, hingga mengalami nekrosis yang menyebabkan inti sel mati .

Penelitian yang dilakukan Topal (2015) pada gambaran histologi hepar tikus baru lahir berusia 21 hari menggunakan gelombang elektromagnetik 900 MHz selama 1 jam/hari. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa adanya peningkatan kadar MDA (malondialdehida) dan *Super Oxyde Dismutase* (SOD), serta penurunan kadar *glutathione* dan gambaran histologi yang menunjukkan hepar mengalami degenerasi sel.

Degenerasi sel itu disebabkan radikal bebas yang disebabkan peningkatan suhu pada tubuh mencit akibat efek termal yang dihasilkan oleh alat radio-frekuensi. Radikal bebas adalah suatu senyawa atau molekul yang mengandung satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan pada orbital luarnya(Suryani,2013). Adanya elektron yang tidak berpasangan menyebabkan senyawa tersebut sangat reaktif mencari pasangan dengan cara menyerang dan mengikat elektron molekul yang ada di sekitarnya. Senyawa radikal bebas di dalam tubuh dapat merusak asam lemak tak jenuh ganda pada membran sel. Akibatnya dinding sel menjadi rapuh hingga akhirnya mengalami kerusakan sel. Radikal bebas yang menyerang membran sel menyebabkan struktur membran sel rusak sehingga radikal bebas dapat masuk ke sitoplasma hingga menyerang inti sel. Tahap pertama dari cedera hepatosit adalah degenerasi hidrofilik, yang kemudian berkembang menjadi steatosis dan akhirnya kematian sel atau nekrosis (Patricia,2014). Peningkatan suhu tubuh yang berulang mampu menimbulkan efek yang membuat sel mengalami elektrolisis . Elektrolisis terjadi ketika suatu konduktor yaitu Radio-frekuensi sebagai anoda menyebabkan terjadi reaksi oksidasi ,sedangkan mencit menerima elektron sebagai katoda yang menyebabkan terjadi reaksi reduksi . Hal ini akibat panas yang berlebih mengakibatkan proses degradasi(reduksi) lemak.

Kerusakan hepar karena zat toksik dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis zat kimia, dosis yang diberikan, dan lamanya paparan zat tersebut seperti akut, subkronik atau kronik. Semakin tinggi konsentrasi suatu senyawa yang diberikan maka respon toksik yang ditimbulkan semakin besar. Kerusakan hepar dapat terjadi segera atau setelah beberapa minggu sampai beberapa bulan. Kerusakan dapat

berbentuk nekrosis hepatosit, kolestasis, atau timbulnya disfungsi hepar secara perlahan-lahan (Amalina,2019).

#### 4.4 Kajian Integrasi Penelitian dalam perspektif Islam

Kesehatan merupakan salah satu nikmat utama yang dimiliki sebagian banyak manusia untuk melakukan aktivitas-aktivitasnya. Kesehatan seseorang dipengaruhi oleh dua faktor, faktor internal dan faktor eksternal. Faktor eksternal diantaranya aktivitas fisik, makanan,dan pola hidup.

Islam selalu menekankan agar setiap orang memberikan asupan dan pola makan yang baik untuk memenuhi kebutuhan tubuh yang seimbang. Keseimbangan dalam tubuh merupakan apresiasi islam dalam kesehatan. Namun, berbagai pengaruh yang banyak membawa perubahan pada perilaku dan gaya hidup masyarakat, serta perkembangan teknologi, sehingga tanpa disadari telah memberi efek terhadap meningkatnya kasus-kasus penyakit tidak menular contohnya obesitas yang disebabkan adanya ketidakseimbangan dalam tubuh yaitu banyaknya jaringan adiposa. Seperti Firman Allah SWT dalam Al-qur'an Surat Al-Baqarah ayat 168 yang berbunyi:

يَا أَيُّهَا النَّاسُ كُلُوا مِمَّا فِي الْأَرْضِ حَلَالًا طَيِّبًا وَلَا تَتَّبِعُوا خُطُوَاتِ الشَّيْطَانِ إِنَّهُ لَكُمْ عَدُوٌّ

مُبِينٌ

Artinya :” Hai sekalian manusia, makanlah yang halal lagi baik dari apa yang terdapat di bumi, dan janganlah kamu mengikuti langkah-langkah syaitan; Karena Sesungguhnya syaitan itu adalah musuh yang nyata bagimu.”

Berdasarkan ayat diatas dapat diketahui bahwa Allah SWT memerintahkan menjaga pola hidup dengan menjaga pola makan yang seharusnya memakan makanan yang tidak cuma halal tetapi baik, agar tidak membahayakan dan membuat tubuh kita dalam keadaan tidak seimbang. Istilah makanan baik ,yaitu

yang mengandung nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh dan tidak menimbulkan efek yang berbahaya bagi kesehatan seperti adanya zat-zat kimia atau yang mengandung radikal bebas .

Kepedulian Allah terlihat terhadap makanan dan aktivitas yang makan yang dilakukan makhluk-Nya. Tercermin dari firman Allah SWT dalam Al-Qur'an mengenai kata *a'am* yang memiliki arti "makanan" yang terlang sebanyak 48 kali dalam berbagai bentuk derivasinya dan perintah "makanlah" sebanyak 27 kali. Sedangkan untuk yang erhubungan dengan minum yang dalam bahasal Al-Qur'an *syariba* terulang sebanyak 39 kali (Mawardah ,2018).

Upaya dalam menanggulangi obesitas ini m tubuh yang berbahaya bagi kesehatan salah satunya adalah terapi frekuensi radio (RF) yang memberi efek panas. Efek panas tersebut dihasilkan oleh arus AC yang memberi energi. Energi tersebut dapat berinteraksi dengan senyawa yang memiliki momen dipol yang menyebabkan senyawa yang memiliki momen dipole seperti air, lemak, dan kolesterol meluruh akibat efek termal tersebut sehingga mengalami penurunan yang baik untuk tubuh.

Adanya Radio-frekuensi (RF) merupakan salah satu anugerah Allah SWT bagi manusia. Manusia hendaknya memikirkan dan memanfaatkan anugerah tersebut sebagai bentuk rasa syukur atas apa yang Allah ciptakan segala nikmat untuk melengkapi kekurangan. Tetapi walaupun memiliki efek samping.

Hasil penelitian menunjukkan kebenaran bahwa terapi Radio-frekuensi (RF) mempunyai manfaat tertentu untuk penderita obesitas,tetapi terapi Radio-Frekuensi (RF) terbukti dapat meningkatkan kadar malondialdehida yang ada di dalam tubuh. Selain hal itu,Adanya kerusakan yang terjadi pada hati mencit yang

terpapar radio-Frekuensi. Dengan demikian , terapi Radio-Frekuensi cocok digunakan untuk penderita obesitas tetapi harus dilakukan kajian yang lebih lanjut dikarenakan untuk hasil yang optimal dan memiliki efek samping yang minimal. Hal itu disebutkan juga dalam Al-Qur'an Ar-rad ayat 12:

هُوَ الَّذِي يُرِيكُمْ الْبَرْقَ خَوْفًا وَطَمَعًا وَيُنْشِئُ السَّحَابَ الثِّقَالَ (١٢)

Artinya :*"Dialah yang memperlihatkan kilat kepadamu yang menimbulkan ketakutan dan harapan"*.

Ayat diatas menjelaskan bahwasanya kilat (arus listrik) selain membuat harapan atau bisa diartikan membuat kemaslahatan untuk manusia, bisa juga menyebabkan ketakutan atau efek negatif .Dimana ayat tersebut mengajak manusia untuk senantiasa dan mempergunakan akal yang telah Allah berikan untuk berfikir sebagai akses sumber kehidupan, karena begitu luas nikmat Allah yang berada dibumi dan dilangit sebagai sumber pelengkap suatu kebutuhan sehingga manusia bisa melihat baik dan buruknya perkara tersebut.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis pengaruh aliran tegangan bolak - balik radio-frekuensi terhadap kadar malondialdehida dan histologi mencit (*Mus musculus*) disimpulkan bahwa:

1. Aliran tegangan bolak - balik Radio-frekuensi terbukti berpengaruh dalam meningkatkan kadar malondialdehida dalam darah. Tegangan yang paling berpengaruh dalam meningkatkan kadar malondialdehida merupakan tegangan 0,6 V dengan kenaikan sebesar 39%.
2. Tegangan bolak - balik terapi radio-frekuensi berpengaruh dalam peningkatan kerusakan histologi hati dalam mencit (*Mus musculus*). Perlakuan tegangan 2,6 V memiliki nilai kerusakan yang paling tinggi.

#### **5.2 Saran**

Setelah dilakukan penelitian pengaruh paparan arus frekuensi radio (RF) terhadap kadar malondialdehida dan histologi mencit (*Mus musculus*), maka peneliti menganjurkan:

1. Penggunaan paparan arus frekuensi radio (RF) sebagai terapi obesitas masih memerlukan penelitian lebih lanjut mengenai dampak dan juga dosis yang tepat.
2. Untuk penelitian dengan menggunakan arus frekuensi radio (RF) harus memperhatikan tegangan dan lamanya pemaparan pada hewan coba, karena perbedaan tegangan dan lamanya pemaparan akan sangat berpengaruh pada respon sampel.

3. Disarankan untuk penelitian selanjutnya untuk memisahkan tiap sampel mencit agar tidak terjadi gangguan eksternal berupa perkelahian antar individu mencit.
4. Perlu dilakukan penelitian mengenai dampak kronis dari paparan tegangan bolak - balik Radio-frekuensi terhadap histologi jantung.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, B. (2007). *Chemistry of Natural Products. Steroids*. Department Pharmaceutical Chemistry Faculty of Science Jamia Hamdard. New Delhi
- Abdur Rauf Al-Manawi, *Faidhul Qadir syarhul Jaami' as-Shaghir*. (Beirut-Libanon, Darul Ma'rifah: 1391).
- Al-Qur'an. (2009). *Al-Qur'an dan Terjemahnya*. Jakarta: Departemen Agama RI.
- Amalina, N. (2019). *Uji Toksisitas Akut Ekstrak Valerian (Valeriana Officinalis) Terhadap Hepar Mencit Balb/C*. Karya Tulis Ilmiah. Semarang: Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro
- Aswin, A., Kholidah, D., & Basuki, R. (2013). Profil lipid dan resiko kejadian penyakit jantung koroner (pjk) pada wanita menopause di kota Malang. *Ikesma*, 8(2), 78–89.
- Andriana, R., & Kurniati, N. (2017). *Pengaruh Peroksidasi Lipid pada Kesehatan Hati*. *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan*, 4(1), 10-18.
- Ayala, A., Munoz, M. F., Arguelles, S. (2014). *Lipid peroxidation: production, metabolism, and signaling mechanisms of malondialdehyde and 4-hydroxy-2-nonenal*. *Oxid Med Cell Longev*. 360438
- Bayu, Purnama P. (2014). Hepatotoksisitas Imbas Obat. Dalam: Setiati S, Alwi I, Sudoyo AW, editor. *Ilmu Penyakit Dalam*. Edisi ke-6. Jakarta Pusat: Interna Publishing; p.2009-14.
- Çengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2015). *Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications (McGraw-Hill Education)*.
- Chilsom, G. M., and Steinberg, D. (2001). *The Oxidation Modification Hypothesis of Atherosclerosis: an Overview*, *Free Radical. Biol Med.*, 28, 1815-1826.
- Dasdag, S., Akdag, M. Z., & Kizil, G. (2015). *Increased oxidative stress and apoptosis in the liver of rats that subjected to long-term exposure to 900 MHz electromagnetic field*. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 8(3), 351-355.
- Fukushima, A., and Lopaschuk, G.D. (2016). *Cardiac fatty acid oxidation in heart failure associated with obesity and diabetes*. *Biochim. Biophys. Acta* 1861, 1525–1534

- Gatot, S. L. (2005). , *Sindrom Metabolik Merupakan Manifestasi dari keadaan Inflamasi*. Journal Medicin, 26(1). Makassar; Universitas Hasanudin Makasar
- Gutteridge, John M. C & Halliwell Barry. (2000). *Free Radicals and Antioksidan in the year 2000*. Oxygen Chemistry Laboratory , Royal Brompton Hospital , London.
- Hadi, S. A., & Siregar, N. C. (2018). *Biokimia Lipid*. Jakarta: Erlangga.
- Halima, H., Eso, R., & Safiuddin, L. O. (2020). *Investigasi Pengaruh Paparan Petir Terhadap Kandungan Nitrogen Dalam Tanah Di Kecamatan Poasia*. Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika, 5(2), 171. <https://doi.org/10.36709/jipfi.v5i2.13303>
- Halliwell. , (2007). *Biochemistry of Oxidative Stress*, Journal Compillation. Biochemical Society
- Handayani, D., & Kuswarini, S. (2019). *Peroksidasi lipid dan radikal bebas*. Jurnal Sains dan Seni ITS, 8(1), 1-6.
- Irawan, Rico. (2013). *Hubungan Obesitas Terhadap Kadar Malondialdehida(MDA) Plasma Pada Mahasiswa*. Skripsi. Jakarta : Fakultas Kedokteran UIN Syarif Hidayatullah Jakarta
- Kose, E., Sapmaz-Metin, M., Topal, E., & Korkmaz, A. (2019). *The effects of electromagnetic fields on liver and kidney tissues in rats: A biochemical and histopathological study*. Journal of Microscopy and Ultrastructure, 7(3), 139-147.
- Kietzmann T. (2017). *Metabolic Zonation Of The Liver: The Oxygen Gradient Revisited*. Redox Biol.
- Kurniawan IWAY, NI Wiratmini, dan NW Sudatri. 2014. Histologi hati mencit (*Mus musculus L.*) yang diberi ekstrak daun Lamtoro (*Leucaena leucocephala*). Jurnal Simbiosis II (2): 226-235.
- Mawardah. (2018). *Pengaruh paparan arus Frekuensi Radio (RF) terhadap lingkaran perut dan kadar trigliserida sebagai pemanfaatan terapi kesehatan*. SKRIPSI Oleh : Mawardah. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Meidyani Dp, W., Putu, K., Rusmala, D., Wayan, N., Restitiasih, M., Luh, N... Abstrak, T. (2019). *Mapping the Level of Lightning Strikes in Tabanan Regency*. Jurnal Pendidikan Fisika, 7(3), 347.
- Muhadi, Zulki dkk. (2015). *Penghilangan Kandungan Mikroorganisme pada Air dengan Menggunakan Sistem Plasma Radio-Frekuensi secara Kontinyu*. Padang: Universitas Bung Hatta.

- Mulianto, Nurrachmat. (2020). *Malondialdehid sebagai Penanda Stres Oksidatif pada Berbagai Penyakit Kulit*. *Jurnal Cermin Dunia Kedokteran*, 40, 282.
- Mulyono, Agus (2021). *The Effect Of Cigarette Smoke through Biofilters with Natural Plant Material on Mice MDA Level*. *Medical Journal Of the Islamic Replubic of Iran*
- Nasution, T. A. (2015). *Peran Antioksidan dalam Mencegah Peroksidasi Lipid*. *Jurnal Gizi Klinik Indonesia*, 11(1), 1-7.
- Patricia, Tatukude, Lily Loho & Poppy Lintong. *Gambaran Histopatologi Hati Mencit Swiss Yang Diberi Air Rebusan Sarang Semut (Mymercodia Pendans) Paska Induksi Dengan Carbon Tetrachlorida (CCl4)*. *Jurnal e-Biomedik (eBM)*, Volume 2, Nomor 2, Juli 2014, hlm. 453-466
- Ramatina. (2011). *Effectiveness of Various Antioxidant Supplements on Reducing Oxidative Status (Level of Plasma Malondialdehid (MDA)) among Extension Students of Bogor Agriculture University*. Bogor: IPB
- Saeed, A. A. (2015). *Health and Medicine in the Islamic Tradition: Change and Identity* (Routledge).
- Sari, R. W., Yunus, F., & Nurlita, W. (2019). Pengaruh Obesitas Terhadap Kesehatan Jantung. *Jurnal Majority*, 8(1), 80-84.
- Setiawan, B. (2016). *Dasar-Dasar Radio Frekuensi*. Jakarta: PT Elek Media Komputindo.
- Sherwood, Lauralee. (2012). *Keseimbangan Energi dan pengaturan Suhu tubuh dalam: Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem*, edisi 6. Jakarta; Penerbit Buku Kedokteran EGC. (17)701-8
- Soraya, R. P. S. P. (2019) 'Potensi Cynara Scolymus (Artichoke) Pengobatan Herbal Obesitas', *Journal Science Health Sandi Husada*, 10(2), pp. 265–269. <https://doi.org/10.35816/jiskh.v10i2.165>.
- Sugondo, S. Obesitas dalam: Sudoyo, Aru W. dkk. (2009). *Buku Ajar Ilmu Penyakit Dalam, jilid III edisi V*. Jakarta; Internal Publisging. (309) 1973-1981
- Suryani N, Endang T, Aulanni'am. (2013). *Pengaruh Ekstrak Metanol Biji Mahoni terhadap Peningkatan Kadar Insulin, Penurunan Ekspresi TNF- $\alpha$  dan Perbaikan Jaringan Pankreas Tikus Diabetes*. *Jurnal Kedokteran Brawijaya* 27(3):137- 14.

- Suryaputra, Kartika dan Nadhiroh, Siti Rahayu. (2012). *Perbedaan Pola Makan dan Aktivitas Fisik antara Remaja Obesitas dengan Non Obesitas*. Jakarta: Jurnal Universitas Indonesia, Makara of Health Series, Vol 16. No 1
- Syaifudin , M. (2005). *Indikator biokimia sel Terhadap Radiasi Pengion*, Buletin Antara Volume No. 3. Hal 34-44
- Wahyuni , Sri. (2013). *Monograf Malondialdehida :Prekursor Stress Oksidatif*. Bali: Udayana
- Winarsih. (2007). *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas*, Cetakan kel. Karnisius Jogjakarta Winarsi , Hery. , Wijayanti, Siwi P, M. , dan Purwanto, Agus. 2011. *Profil Lipid, Peroksidasi Lipid, dan Status Inflamatif Wanita* Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional Vol. 5. Purwokerto
- World Health Organisation (WHO). (2021). *Penderita Sindrom Metabolik Obesity :preventing and managing the global epidemic Report of a WHO consultation Geneva WHO, , 894 i-xi 1-253*
- World Obesity Federation (WOF). (2022). *World Obesity participates in the WHO Consultation on People Living with Diabetes*.
- Yagi, K., Ohishi, N., & Yano, E. (1994). *The role of lipid peroxides and antioxidants in oxidative modification of LDL*. Free Radical Biology and Medicine, 19(5), 707-727.

# LAMPIRAN

**Lampiran 1 Gambar Penelitian**



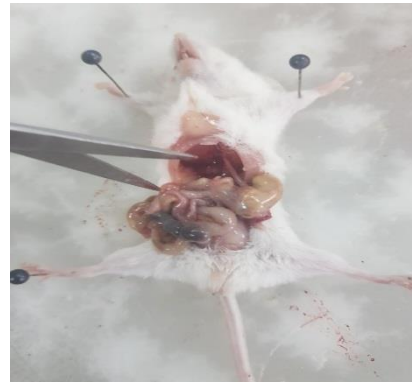
Sampel Penelitian



Pemaparan RF pada Sampel



Pengambilan darah



Pengambilan Organ hati



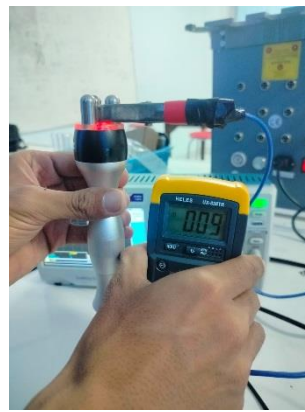
proses pembuatan preparat



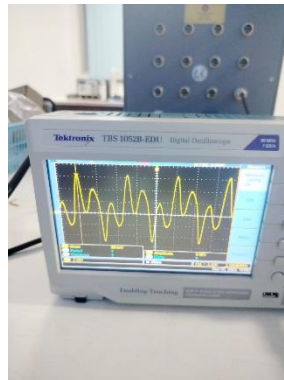
Sentrifuge darah



Pemisahan Serum dengan supernatan



Pengujian tegangan



Pengukuran gelombang

### Lampiran 2 Tabel Persentase Kenaikan MDA Hasil Penelitian

Kelompok Uji	Ulangan				
	1	2	3	4	Rata-rata
<b>0 V</b>	0%	0%	0%	0%	%
<b>0,3 V</b>	2%	8%	11%	14%	9%
<b>0,6 V</b>	5%	14%	83%	52%	39%
<b>1,1 V</b>	23%	16%	20%	19%	20%
<b>1,8 V</b>	19%	14%	17%	31%	20%
<b>2,6 V</b>	31%	21%	24%	23%	25%

Cara mencari persentase kenaikan

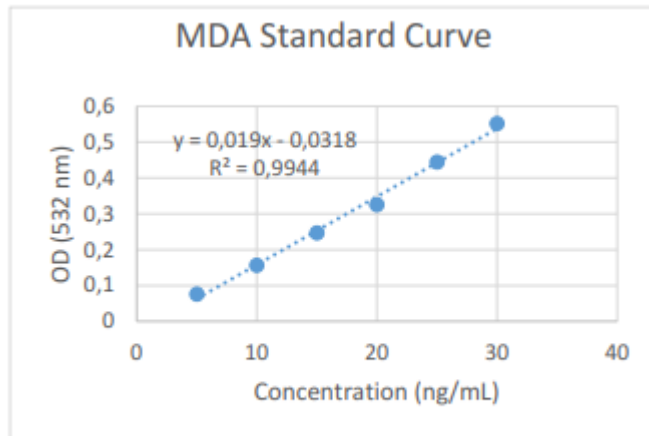
Diket :  $N_0=3,03$  ng/100ml,  $N_1=3,09$  ng/100ml

Ditanya : Kenaikan %?

Dijawab :  $\frac{N_1-N_0}{N_0} \times 100\%$

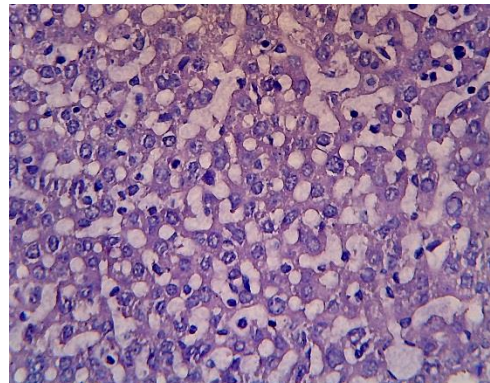
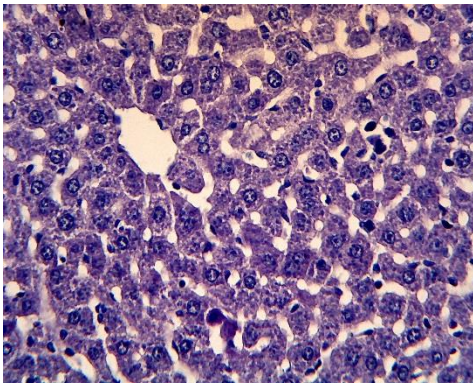
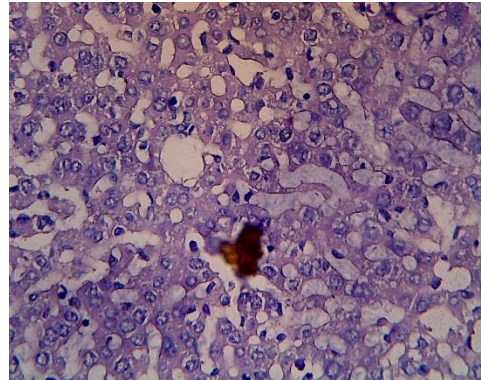
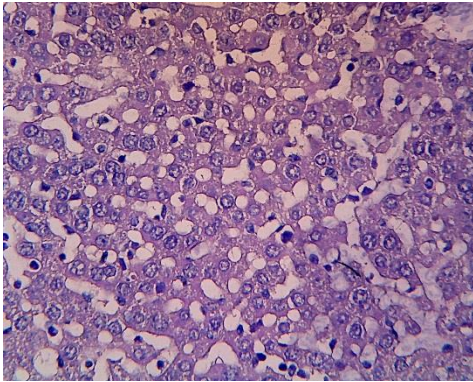
$$: \frac{3,03-3,09}{3,03} \times 100\%$$

: 2 %

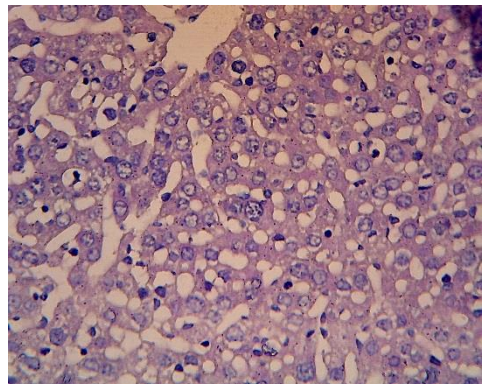
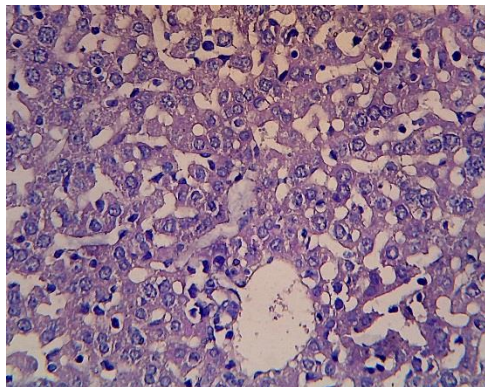
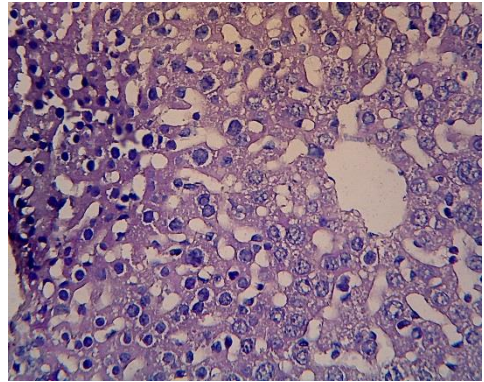
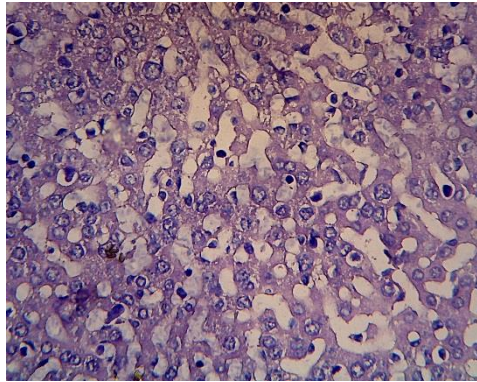
**Lampiran 3 Data Absorbansi Supernatan Malondialdehida**

Y = nilai absorbansi

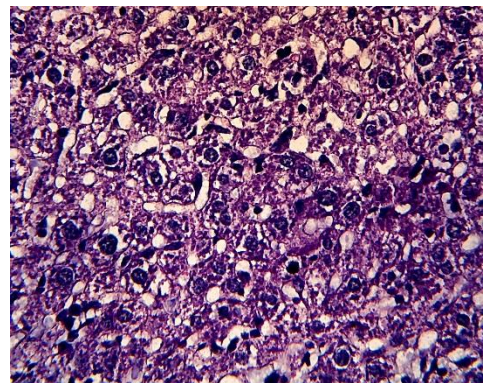
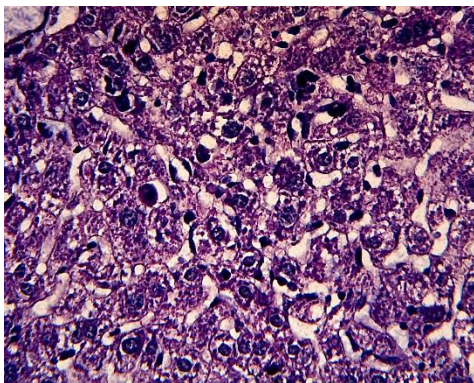
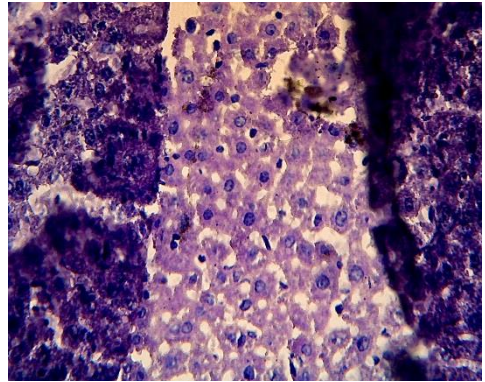
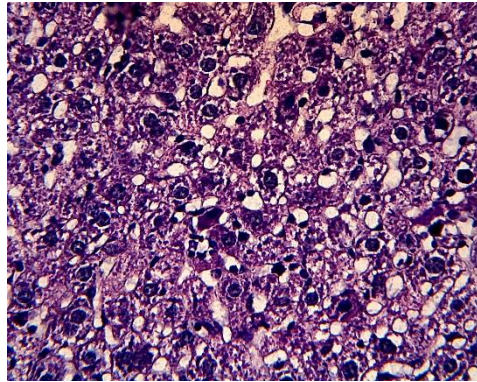
**Lampiran 4 Gambaran Histologi Mencit**



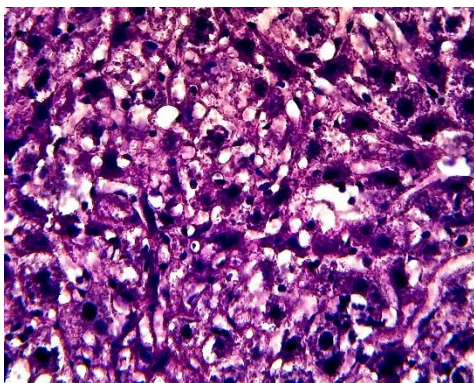
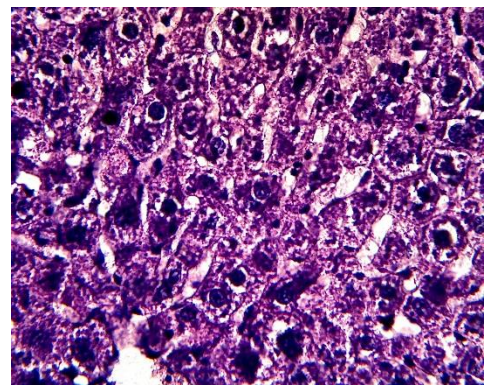
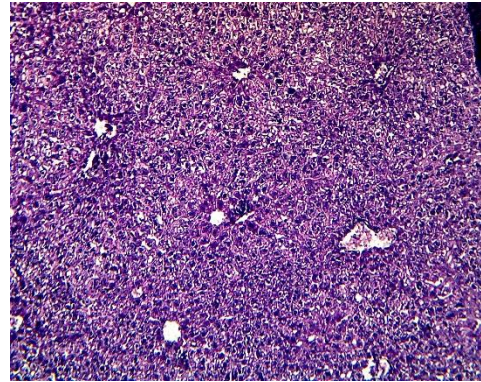
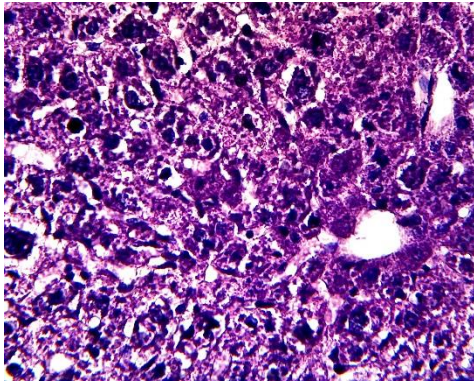
Kelompok kontrol



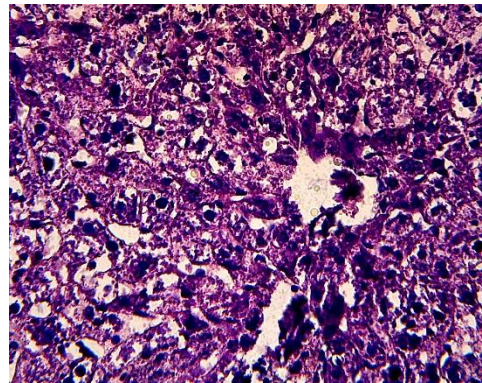
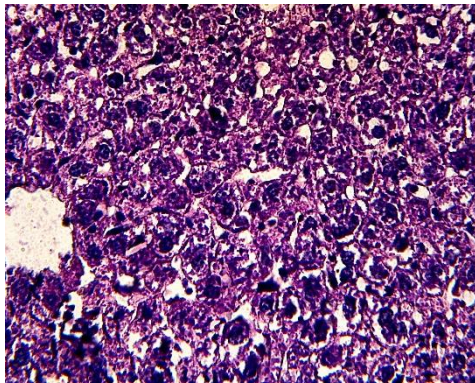
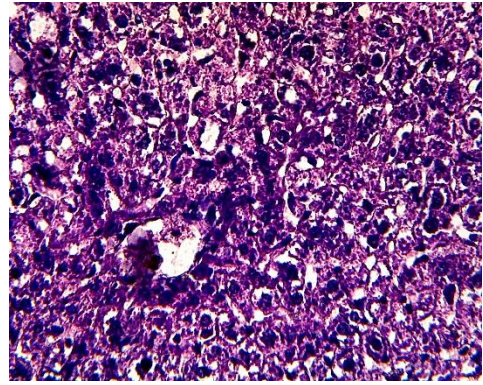
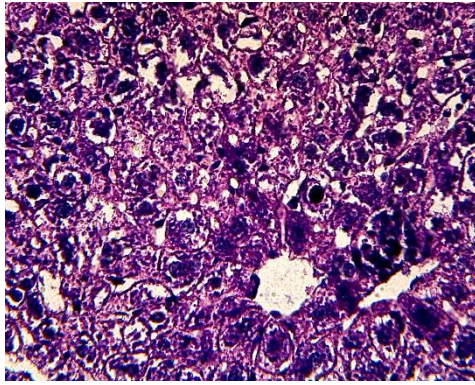
Kelompok 0,3 V



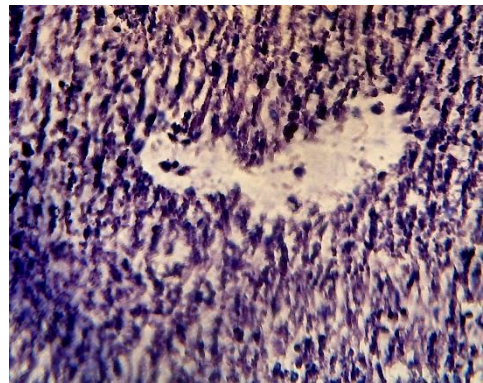
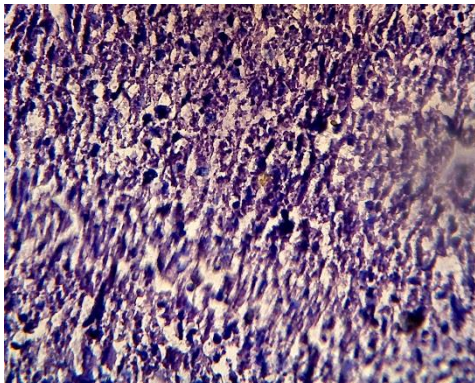
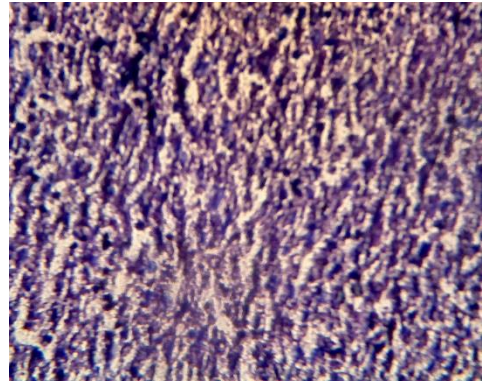
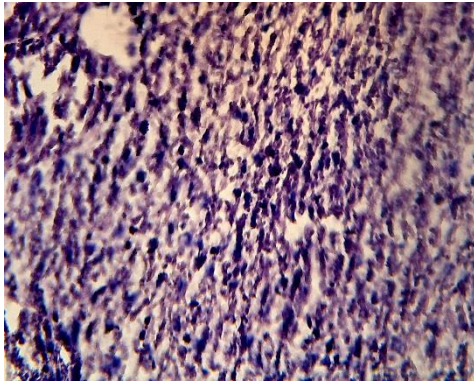
Kelompok 0,6 V



Kelompok 1,1 V



Kelompok 1,8 V



Kelompok 2,6 V

## Lampiran 5 Data *One Way* Anova

### ANOVA

nilai

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3,602	5	,720	3,908	,014
Within Groups	3,318	18	,184		
Total	6,921	23			

```
ONEWAY nilai BY perlakuan
/MISSING ANALYSIS
/POSTHOC=DUNCAN ALPHA(0.05).
```

### Data MDA

## Oneway

[DataSet0]

### ANOVA

Nilai\_Hati

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	35,500	5	7,100	25,560	,000
Within Groups	5,000	18	,278		
Total	40,500	23			

## Data Histologi Hepar

## Lampiran 6 Data DMRT

### nilai

Duncan<sup>a</sup>

perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1	4	3,04		
2	4	3,31	3,31	
4	4	3,63	3,63	3,63
5	4	3,63	3,63	3,63
6	4		3,79	3,79
3	4			4,28
Sig.		,087	,162	,065

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

## Data MDA

### Homogeneous Subsets

### Nilai\_Hati

Duncan<sup>a</sup>

perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1	4	1,25			
2	4	1,50			
3	4		2,50		
4	4		2,75		
5	4			3,75	
6	4				4,75
Sig.		,511	,511	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

## Data Histologi Hepar



JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 19640046  
Nama : AHMAD DIMAS MUPARIJIN  
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jurusan : FISIKA  
Dosen Pembimbing 1 : Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes  
Dosen Pembimbing 2 : AHMAD ABTOKHI, M.Pd  
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : PENGARUH PAPARAN RADIO-FREKUENSI TERHADAP KADAR MALONDIALDEHIDA DAN GAMBARAN HISTOLOGI HEPAR MENCIT

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	23 November 2022	Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes	Konsultasi BAB I	Ganjil 2022/2023	Sudah Dikoreksi
2	22 Desember 2022	Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes	Konsultasi BAB II	Ganjil 2022/2023	Sudah Dikoreksi
3	08 Februari 2023	Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes	Konsultasi BAB III	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi
4	31 Mei 2023	AHMAD ABTOKHI, M.Pd	Konsultasi Integrasi BAB I dan BAB II	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi
5	11 Oktober 2023	Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes	Konsultasi Data Hasil	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
6	20 November 2023	Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes	Konsultasi BAB IV	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
7	22 November 2023	AHMAD ABTOKHI, M.Pd	Konsultasi Integrasi BAB IV	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
8	22 Desember 2023	Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes	Konsultasi Bab V	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui  
Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2

AHMAD ABTOKHI, M.Pd

Malang, 22 Desember 2023

Dosen Pembimbing 1

Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes

