



**STUDI IMPEDANSI LISTRIK DAN PENGARUH
PEMBERIAN EKSTRAK DARI DAUN SIRSAK (*Annona
muricata*), JINTAN HITAM (*Nigella sativa*), BAWANG DAYAK
(*Eleutherine bulbosa*), DAN KULIT MANGGIS (*Garcinia
mangostana*) PADA ORGAN HATI MENCIT (*Mus musculus*)
YANG TERPAPAR UAP ROKOK ELEKTRIK**

SKRIPSI

Oleh :

**Diva Khoirunnisa
165090300111013**

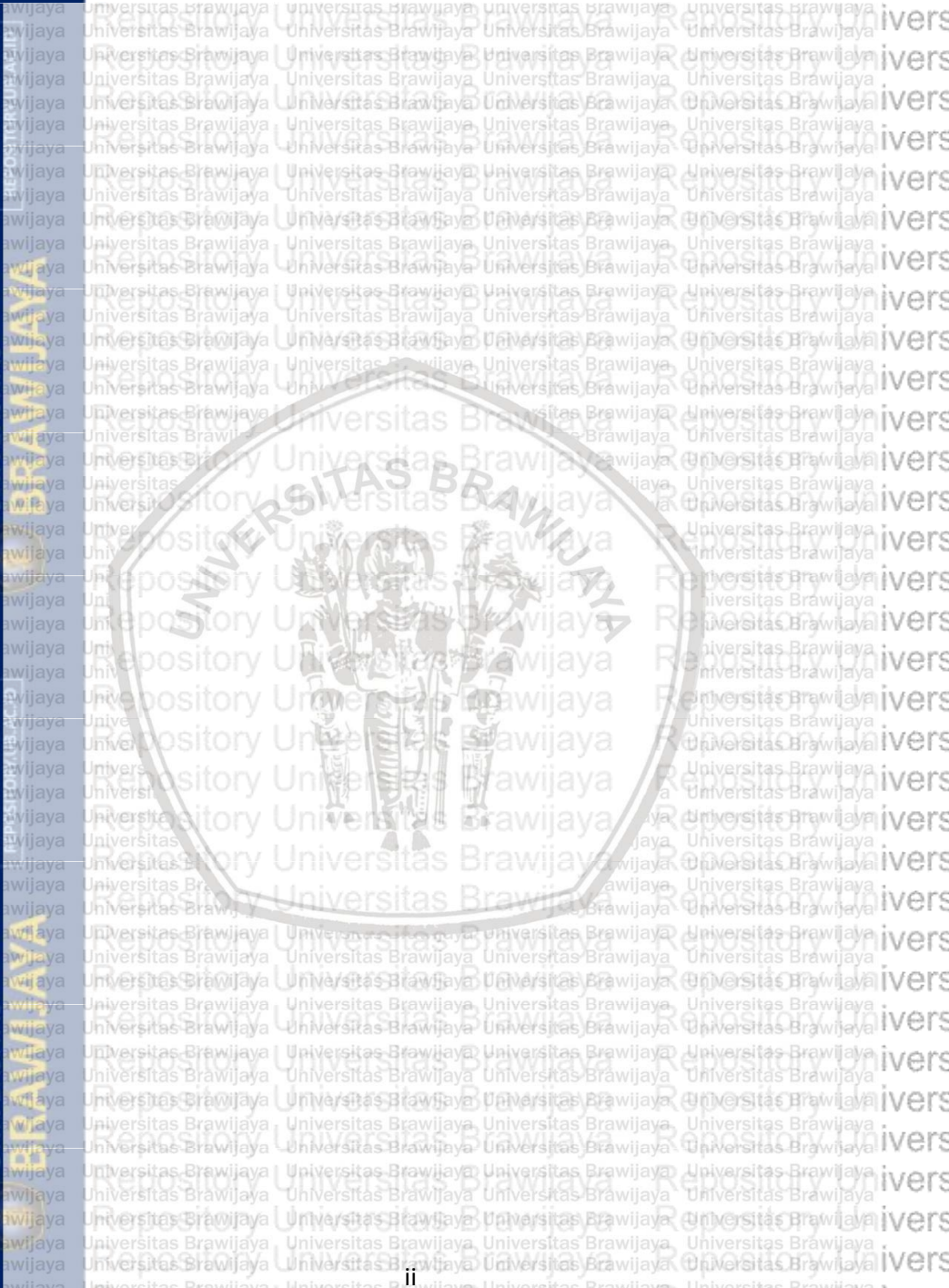


**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG
2020**



Repository Universitas Brawijaya



Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya



**STUDI IMPEDANSI LISTRIK DAN PENGARUH
PEMBERIAN EKSTRAK DARI DAUN SIRSAK (*Annona
muricata*), JINTAN HITAM (*Nigella sativa*), BAWANG DAYAK
(*Eleutherine bulbosa*), DAN KULIT MANGGIS (*Garcinia
mangostana*) PADA ORGAN HATI MENCIT (*Mus musculus*)
YANG TERPAPAR UAP ROKOK ELEKTRIK**

SKRIPSI

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

Oleh :

**Diva Khoirunnisa
165090300111013**

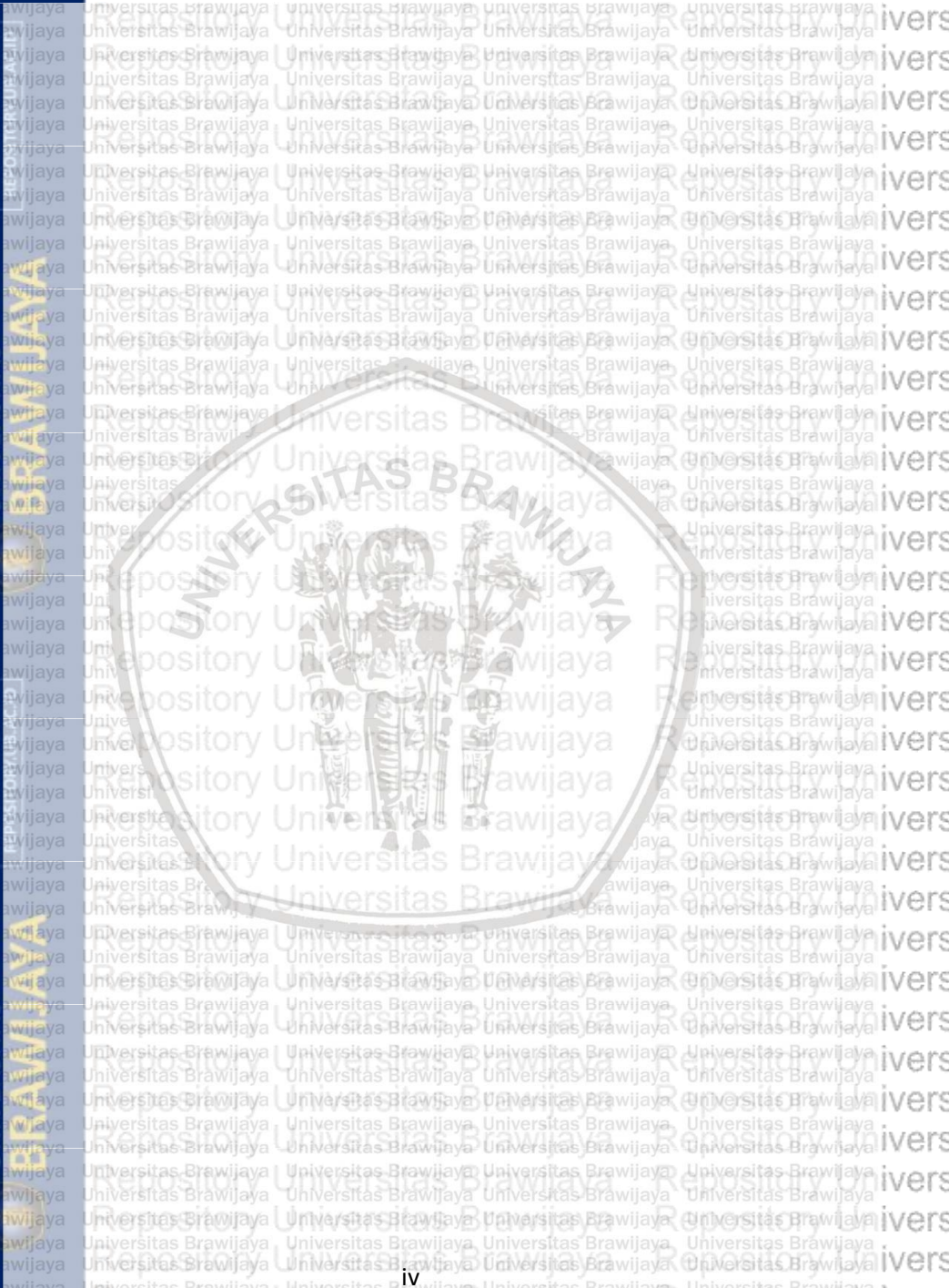


**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG**

2020



Repository Universitas Brawijaya



Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI
STUDI IMPEDANSI LISTRIK DAN PENGARUH
PEMBERIAN EKSTRAK DARI DAUN SIRSAK (*Annona*
***muricata*), JINTAN HITAM (*Nigella sativa*), BAWANG DAYAK**
(*Eleutherine bulbosa*), DAN KULIT MANGGIS (*Garcinia*
***mangostana*) PADA ORGAN HATI MENCIT (*Mus musculus*)**
YANG TERPAPAR UAP ROKOK ELEKTRIK

Oleh:
Diva Khoirunnisa
165090300111013

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji Skripsi
 Jurusan Fisika Universitas Brawijaya
 Pada
 tanggal.....**16 JULI 2020**.....

Dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
 Sarjana Sains dalam bidang fisika

Pembimbing I

Pembimbing II

Drs. Unggul P. Juswono, M.Sc.
 NIP. 19650111 1990021 002

Chomsin S. W., S.Si., M.Si., Ph.D.
 NIP. 19691020 1995121 002

Mengetahui
Ketua Jurusan Fisika
Jurusan Fisika EMIPA Universitas Brawijaya

Prof. Dr. Muhammad Nurhuda
 NIP. 19640910 1990021 001



[halaman ini sengaja dikosongkan]



LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Diva Khooirunnisa

NIM : 165090300111013

Jurusan : Fisika

Penulis skripsi dengan judul :

**STUDI IMPEDANSI LISTRIK DAN PENGARUH
PEMBERIAN EKSTRAK DARI DAUN SIRSAK (*Annona
muricata*), JINTAN HITAM (*Nigella sativa*), BAWANG DAYAK
(*Eleutherine bulbosa*), DAN KULIT MANGGIS (*Garcinia
mangostana*) PADA ORGAN HATI MENCIT (*Mus musculus*)
YANG TERPAPAR UAP ROKOK ELEKTRIK**


Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain. Nama-nama yang termaksud di isi dan tertulis di daftar pustaka digunakan sebagai referensi pendukung dalam skripsi ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 16 Juli 2020

Yang menyatakan,



Divia Khooirunnisa

NIM. 165090300111013



Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

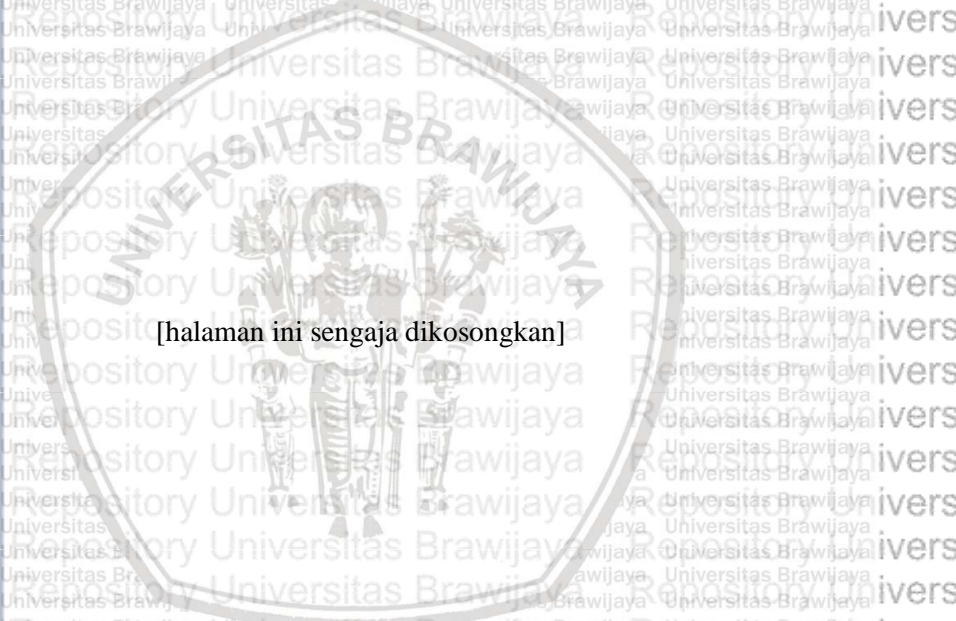
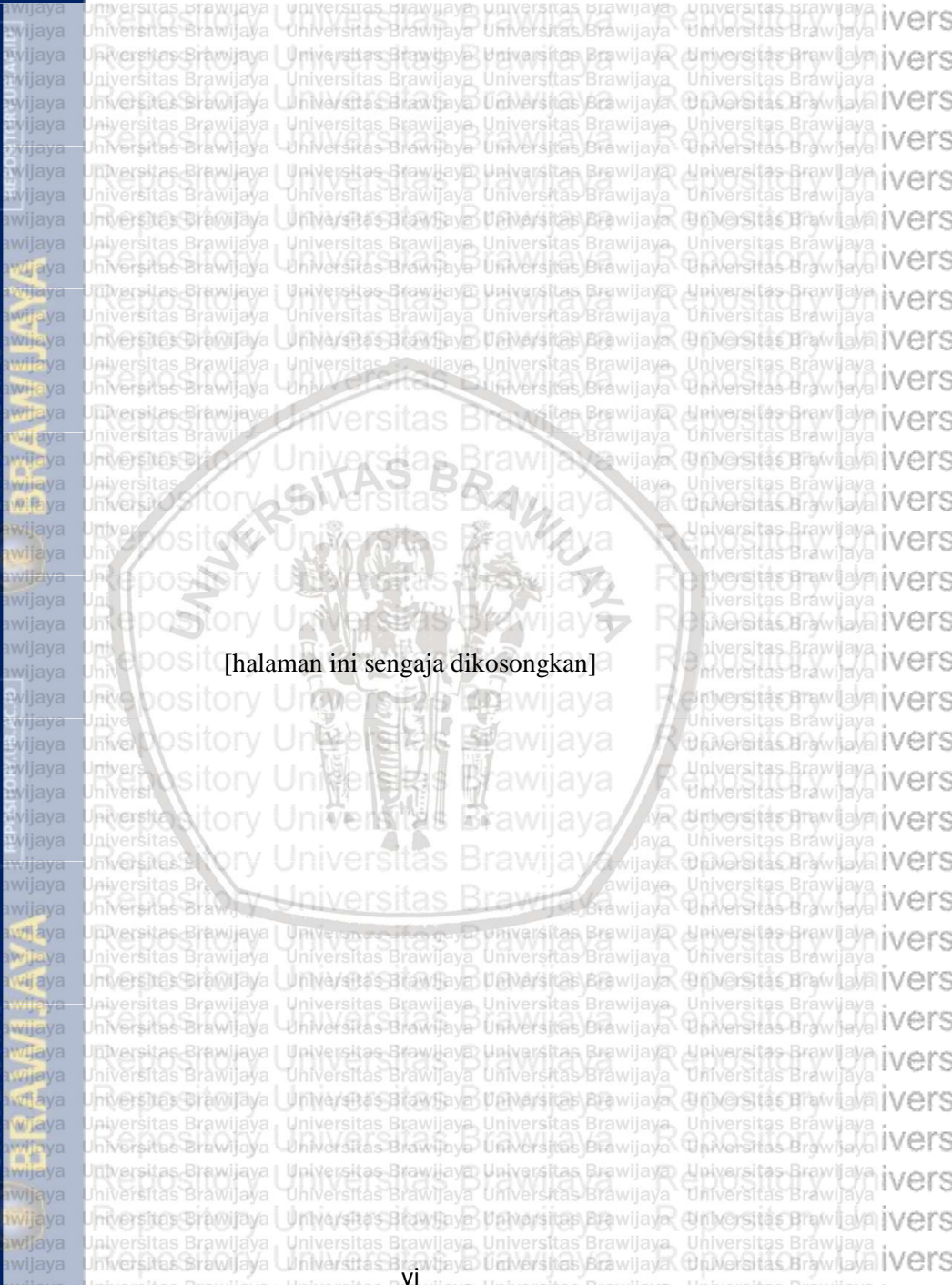
[halaman ini sengaja dikosongkan]

**STUDI IMPEDANSI LISTRIK DAN PENGARUH
PEMBERIAN EKSTRAK DARI DAUN SIRSAK (*Annona
muricata*), JINTAN HITAM (*Nigella sativa*), BAWANG DAYAK
(*Eleutherine bulbosa*), DAN KULIT MANGGIS (*Garcinia
mangostana*) PADA ORGAN HATI MENCIT (*Mus musculus*)
YANG TERPAPAR UAP ROKOK ELEKTRIK**

ABSTRAK

Rokok elektrik merupakan inhaler pengganti rokok konvensional yang tengah populer pada kalangan pengguna rokok. Rokok elektrik bekerja dengan menggunakan baterai dengan di dalam rokok diisi cairan yang disebut dengan *salt-nic*. Hasil pemanasan cairan tersebut akan menghasilkan uap yang mengandung zat berbahaya salah satunya formaldehid. Penumpukan senyawa toksik di dalam hati akan berakibat pada terganggunya aktivitas hati karena kerusakan sel yang diakibatkan oleh radikal anion superoksida (O_2^-) yang dihasilkan. Kandungan antioksidan yang ditemukan pada kulit manggis, bawang dayak, jintan hitam, dan daun sirsak berguna untuk menghambat produksi rantai radikal bebas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kerusakan sel hati mencit melalui sifat kelistrikan seperti impedansi, resistivitas dan permitivitas serta pengaruh pemberian antioksidan untuk mengurangi produksi radikal bebas yang berakibat pada kerusakan sel hati. Hasil dari penelitian menunjukkan penurunan nilai impedansi, resistivitas, dan permitivitas dari organ hati mencit seiring dengan bertambahnya jumlah paparan uap rokok elektrik dan cenderung naik saat dosis antioksidan yang diberikan semakin tinggi dosisnya. Pemberian antioksidan dari kulit manggis, bawang dayak, jintan hitam, dan daun sirsak mampu menangkal radikal bebas yang timbul akibat zat toksik yang ada pada uap rokok elektrik. Ditemukan jenis radikal bebas pada organ hati mencit yaitu anion superoksida karena uap rokok elektrik.

Kata kunci: *Rokok elektrik, radikal bebas, antioksidan, sifat kelistrikan dan hati*



[halaman ini sengaja dikosongkan]

STUDY OF ELECTRICAL IMPEDANCE AND THE EFFECT OF EXTRACTS FROM SOURSOP LEAVES (*Annona muricata*), BLACK CUMIN (*Nigella sativa*), DAYAK ONIONS (*Eleutherine bulbosa*), AND MANGOSTEEN PEEL (*Garcinia mangostana*) ON THE LIVER OF MICE (*Mus musculus*) EXPOSED TO ELECTRIC CIGARETTE VAPOR

ABSTRAK

Electric cigarette is a substitute for conventional cigarette inhaler that is popular among cigarette users. Electric cigarettes work by using a battery inside the cigarette filled with a liquid called salt-nic. The result of heating the liquid will produce steam that contains dangerous substances, one of which is formaldehyde. The buildup of toxic compounds in the liver will result in disruption of liver activity due to cell damage caused by superoxide anion (O₂⁻) radicals produced. The antioxidant content found in mangosteen peel, dayak onions, black cumin, and soursop leaves are useful for inhibiting the production of free radical chains. This study aims to analyze the level of liver cell damage in mice through electrical properties such as impedance, resistivity and permittivity as well as the effect of antioxidants to reduce the production of free radicals that result in liver cell damage. The results of the study showed a decrease in the value of impedance, resistivity, and permittivity of the liver of mice along with the increase in the amount of exposure to electric cigarette vapor and tended to rise when the dose of antioxidant that was given the higher the dose. Provision of antioxidants from mangosteen peel, dayak onions, black cumin, and soursop leaves are able to ward off free radicals arising from toxic substances that exist in electric cigarette vapor. Found a type of free radicals in the liver of mice that is superoxide anion due to electric cigarette vapor.

Keywords: *Electric cigarette, free radicals, antioxidants, electrical and liver*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xix
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Rokok Elektrik	5
2.2 Kandungan Cairan Rokok Elektrik	6
2.3 Radikal Bebas	8
2.4 Antioksidan	9
2.5 Kulit Manggis	10
2.6 Bawang Dayak	11
2.7 Jintan Hitam	12



2.8	Daun Sirsak	12
2.9	Mencit	13
2.10	Hati	15
2.10.1	Anatomi Hati	15
2.10.2	Fisiologi Hati	16
2.10.3	Histologi Hati	17
2.10.4	Histopatologi Hati	18
2.11	ESR	20
2.12	Karakteristik Kelistrikan pada Organ	23
BAB III		27
METODOLOGI		27
3.1	Waktu dan Tempat Pelaksanaan	27
3.2	Alat dan Bahan	27
3.3	Tahapan Penelitian	27
3.4	Cara Kerja	29
3.4.1	Persiapan Hewan Coba	29
3.4.2	Pemaparan Rokok Elektrik pada Hewan Coba ..	30
3.4.3	Pemberian Antioksidan pada Hewan Coba	30
3.4.4	Proses Pengambilan Sampel Hati	33
3.4.5	Pembuatan Preparat Hati	33
3.4.6	Pengamatan Mikroskopis Preparat Organ Hati ..	35
3.4.7	Identifikasi Radikal Bebas pada Organ Hati	35
3.4.8	Uji Kelistrikan pada Organ Hati	36
3.5	Analisa Data	38
3.5.1	Analisa Uji Mikroskopis Sel Hati	38

3.5.2	Analisa Uji Radikal Bebas pada Organ Hati.....	38
3.5.3	Analisa Sifat Kelistrikan Organ Hati.....	38
BAB IV.....		41
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		41
4.1	Kalibrasi Alat.....	41
4.2	Data Hasil Penelitian.....	42
4.2.1	Jumlah Semprotan Rokok Elektrik dan Dosis Antioksidan yang Diberikan pada Mencit.....	42
4.2.2	Jenis Radikal Bebas pada Organ Hati Mencit yang Terpapar Uap Rokok Elektrik dan Pemberian Antioksidan 43	43
4.2.3	Pengaruh Uap Rokok Elektrik dan Antioksidan terhadap Nilai Impedansi Listrik.....	46
4.2.4	Pengaruh Uap Rokok Elektrik dan Antioksidan terhadap Nilai Resistivitas.....	51
4.2.5	Pengaruh Uap Rokok Elektrik dan Antioksidan terhadap Nilai Permittivitas.....	53
4.2.6	Gambaran Mikroskopis dari Sel Hati Mencit yang Terpapar Uap Rokok Elektrik dan Pemberian Antioksidan 54	54
4.3	Pembahasan.....	62
4.3.1	Kerusakan Sel Organ Hati.....	62
4.3.2	Pembentukan Radikal Bebas pada Organ Hati dari Kandungan Uap Rokok Elektrik.....	63
4.3.3	Mekanisme Antioksidan dalam Menetralsisir Radikal Bebas.....	64
4.3.4	Hubungan Perlakuan Antioksidan dengan Sifat Kelistrikan Organ Hati.....	65

BAB V	69
PENUTUP	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	81



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur rokok elektrik (Tanuwihardja & Susanto, 2012)	5
Gambar 2.2 Rokok elektronik generasi terbaru (BPOM, 2015)	6
Gambar 2.3 Struktur kimia radikal bebas (Arief, 2011)	9
Gambar 2.4 Kulit manggis (Srihari & Lingganingrum, 2015)	10
Gambar 2.5 Bawang dayak (Hidayah, Mulkiya, & Purwanti, 2015)	11
Gambar 2.6 Jintan hitam (Nigella sativa L.) (Tjitrosoepomo 2007)	12
Gambar 2.7 Daun sirsak (Puspitasari, Wulansari, Widyaningsih, Maligan, & Nugrahini, 2015)	13
Gambar 2.8 Mencit (Mus musculus) (Setijono, 1985)	15
Gambar 2.9 Anatomi organ hati (Julio, Busman, & Nurcahyani, 2013)	16
Gambar 2.10 Gambaran histologi hati manusia normal dengan perbesaran 400x (Fajariyah et al., 2010)	18
Gambar 2.11 Proses bagaimana elektron beresonansi pada tingkat spin	21
Gambar 2.12 Gambaran membrane sel seperti sifat kapasitor	23
Gambar 2.13 Rangkaian ekivalen pada sel	24
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian terhadap hewan uji coba	28
Gambar 3.2 Proses penyemprotan uap rokok elektrik	30
Gambar 3.3 Proses pemberian antioksidan pada mencit	33
Gambar 3.4 Diagram alir proses pembuatan preparat organ hati ...	34
Gambar 3.5 Rangkaian perangkat alat uji ESR (Electron Spin Resonance): (1) alat ESR; (2) unit kontrol ESR; (3) osiloskop; (4) multimeter; (5) solenoid; (6) kumparan Helmholtz.	36
Gambar 3.6 Alat uji BIA (Bioimpedance Analysis)	37
Gambar 3.7 Skema perangkat alat uji BIA	37
Gambar 4.1 Kurva Kalibrasi DPPH	42

Gambar 4.2 (a) Kurva kelompok kontrol (b) kurva kelompok perlakuan.....	44
Gambar 4.3 Grafik hubungan banyak semprot terhadap amplitudo kuadrat.....	45
Gambar 4.4 Grafik hubungan dosis antioksidan terhadap amplitudo kuadrat.....	46
Gambar 4.5 Grafik hubungan frekuensi terhadap impedansi	47
Gambar 4.6 Grafik hubungan antara banyak semprotan uap rokok elektrik terhadap nilai impedansi organ hati dipengaruhi oleh pemberian variasi frekuensi.....	49
Gambar 4.7 Grafik hubungan antara dosis antioksidan terhadap nilai impedansi organ hati dipengaruhi oleh pemberian variasi frekuensi.....	50
Gambar 4.8 Grafik hubungan jumlah semprot terhadap resistivitas	51
Gambar 4.9 Grafik hubungan dosis antioksidan terhadap resistivitas	52
Gambar 4.10 Grafik hubungan jumlah semprot terhadap permitivitas.....	53
Gambar 4.11 Grafik hubungan dosis antioksidan terhadap permitivitas.....	54
Gambar 4.12 Gambar mikroskopis sel hepar kelompok kontrol (tanpa perlakuan).....	55
Gambar 4.13 Gambar mikroskopis sel hepar kelompok P1	56
Gambar 4.14 Gambar mikroskopis sel hepar kelompok P2	56
Gambar 4.15 Gambar mikroskopis sel hepar kelompok P3	57
Gambar 4.16 Gambar mikroskopis sel hepar kelompok P4	57
Gambar 4.17 Gambar mikroskopis sel hepar kelompok P5	58
Gambar 4.18 Gambar mikroskopis sel hepar kelompok AO1.....	58
Gambar 4.19 Gambar mikroskopis sel hepar kelompok AO2.....	59
Gambar 4.20 Gambar mikroskopis sel hepar kelompok AO3.....	59
Gambar 4.21 Gambar mikroskopis sel hepar kelompok AO4.....	59
Gambar 4.22 Gambar mikroskopis sel hepar kelompok AO5.....	60
Gambar 4.23 Grafik hubungan antara banyaknya semprotan terhadap persentase kerusakan sel organ hati	61
Gambar 4.24 Grafik hubungan dosis antioksidan terhadap persentase kerusakan sel organ hati	61

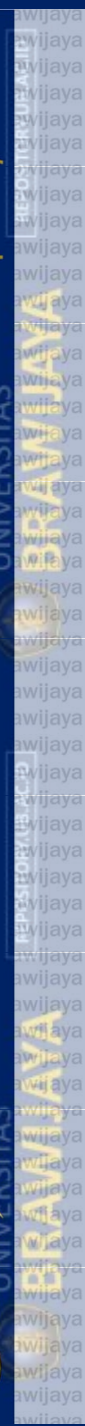


Gambar 4.25 Reaksi flavonoid dengan anion superoksida..... 65

Gambar 4.26 Gambaran rangkaian listrik pada tubuh (Pandya, Arimoto, Agarwal, & Kinouchi, 2010)..... 66

Gambar 4.27 Analogi proses polarisasi pada organ hati 67





Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

[halaman ini sengaja dikosongkan]





DAFTAR TABEL

Tabel 2.2 Data biologis mencit (Kusumawati 2004)..... 14

Tabel 2.3 Nilai faktor-g. 22

Tabel 3.1 Pengelompokan perlakuan pada hewan coba. 29

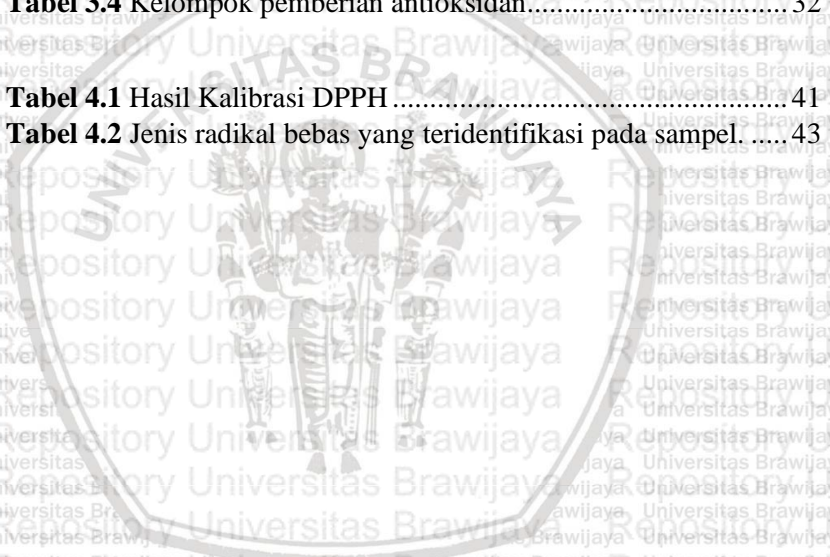
Tabel 3.2 Tabel konversi perhitungan dosis berbagai jenis hewan dengan manusia (Laurence & Bacharach, 1964). 31

Tabel 3.3 Dosis antioksidan dengan lima variasi pemberian 32

Tabel 3.4 Kelompok pemberian antioksidan..... 32

Tabel 4.1 Hasil Kalibrasi DPPH 41

Tabel 4.2 Jenis radikal bebas yang teridentifikasi pada sampel. 43





[halaman ini sengaja dikosongkan]



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rokok elektrik tengah berkembang pesat diantara masyarakat Indonesia sebagai *trend* terbaru pengganti rokok konvensional. Banyak dari kalangan perokok yang mulai berpindah ke rokok elektrik dan banyak juga dari usia remaja yang ingin mencoba sensasi merokok dengan mempercayai jika rokok elektrik lebih aman dan lebih bergaya jika dibandingkan dengan rokok biasa (Aini & Harjana, 2018). Selain *stigma* aman yang tengah mengisi beberapa kalangan, rokok bertenaga baterai ini juga menyuguhkan bentuk yang membuat para penggunanya merasa nyaman karena sensasi yang diberikan tetap sama seperti rokok konvensional (Caponnetto, Campagna, Papale, Russo, & Polosa, 2012).

Banyak dari pengguna beranggapan rokok elektrik aman digunakan, namun *Food and Drug Administration* (FDA) tahun 2011 menemukan zat beracun yang terkandung dalam uap rokok elektrik berupa *Diethylene Glicol* (DEG) dan *Tobacco-Spesific Nitrosamin* (TSNA) bersifat beracun yang menyerupai tembakau walaupun dalam skala rendah. Adapun uap hasil pemanasan cairan perasa menghasilkan uap yang beraroma ditemukan senyawa *formaldehyde* yang berbahaya bagi tubuh (Khlystov & Samburova, 2016). Banyaknya zat karsinogen yang ditemukan diberbagai penelitian yang ada, WHO tahun 2018 menyatakan bahwa rokok elektrik tetap berbahaya dan tidak menganjurkan rokok tersebut sebagai inhaler alternatif.

Pembakaran *e-liquid* pada rokok elektrik akan menghasilkan uap yang terkandung zat toksik di dalamnya dapat terbentuk radikal bebas. ROS (*Reactive oxygen spesies*) yang terbentuk secara tidak normal masuk ke dalam tubuh akan merusak sel mulai dari mutasi DNA, modifikasi protein hingga terjadinya kematian sel (Mandasari, Asiyah, & Lintang, 2019). Hal ini dipicu dengan kurangnya antioksidan dalam tubuh yang berperan sebagai penghambat reaktivitas radikal bebas.



Ketidakseimbangan inilah yang mengakibatkan terjadinya stress oksidatif dan timbul kerusakan pada sel jaringan di dalam tubuh (Tooy, Tendean, & Satiawati, 2016).

Organ-organ yang tersusun pada manusia sebagian besar memiliki fungsi yang kompleks, salah satunya yaitu hati. Hati memiliki sistem sirkulasi ganda dimana saat penyaringan racun-racun yang terbawa oleh darah akan tertimbun. Zat karsinogen yang membentuk radikal bebas dari uap rokok diangkut darah ke dalam hati dalam skala banyak akan terjadi penimbunan melebihi batas yang berakibat pada terganggunya sistem kerja hati (Adji, 2009). Zat-zat beracun yang tertimbun di hati akan berakibat pada terjadinya degenerasi parenkim, degenerasi hodropik, bentuk dari vena sentralis berubah sampai sel yang mengalami nekrosis (Wicaksono, Narayani, & Setyawati, 2015). Jika ditinjau dari penggunaan rokok elektrik, bahan-bahan kimia seperti gliserin, propilen dan dietil glikol yang memiliki aroma bila dipanaskan akan menghasilkan uap yang mengandung senyawa yang bersifat karsinogenik. *Aerosol* yang bersifat karsinogenik tersebut jika secara berkala masuk ke dalam hati akan berakibat pada peningkatan kadar lemak di dalam hati (Espinoza-derout, Shao, Bankole, & Hasan, 2019).

Penggunaan rokok elektrik secara berkala akan membentuk metabolit sekunder atau radikal bebas yang akan merusak organ hati. Hati yang rusak akan mengalami penurunan sistem detoksifikasi racun dan terganggunya sistem kelistrikan pada membran selnya. Sifat kelistrikan yang terdapat pada membran biologis dapat menentukan kondisi dari sel mulai dari morfologi, ukuran sel hingga fungsi dari membran sel (Hofmann et al., 2010). Karakteristik kelistrikan organ yang dapat diamati yaitu besaran impedansi, resistivitas, dan permitivitas (Hidayat, S. Widodo, & Saroja, 2014). Sifat listrik pada suatu bahan terdapat elemen impedansi sebagai resistivitas yang efektif dan kapasitansi dimana unit per volume sistemnya dikenal sebagai permitivitas atau konstanta dielektrik (Belia et al., 2009). Angka dan jenis saluran ion yang berbeda akan menentukan resistivitas membran. Kebocoran membran atau kecacatan dapat

menyebabkan perubahan struktur impedansi dan kapasitansi yang berakibat pada perubahan morfologi seluler dan fungsi dalam materi seluler (Ghoshal et al., 2017).

Kerusakan hati yang disebabkan oleh ketidakseimbangan antioksidan dan radikal bebas yang ada, maka dibutuhkan antioksidan tambahan yang dapat ditemukan pada buah dan sayur. Antioksidan merupakan senyawa penghambat atau pencegah kerusakan akibat aktivitas radikal bebas serta dapat memutus rantai reaksi oksidasinya. Antioksidan akan mengikat ataupun memberikan elektron ke radikal bebas sehingga terbentuk produk yang stabil (Rumengan & Mantiri, 2015). Berdasarkan hal tersebut peneliti ingin melakukan penelitian tentang pengaruh dari pemberian antioksidan tambahan pada organ hati mencit dan efek paparan rokok elektrik terhadap organ hati mencit berdasarkan karakteristik kelistrikan organ.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disusun, didapatkan rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain bagaimana pengaruh impedansi jaringan yang terdapat radikal bebas, bagaimana pengaruh dari pemberian produk ekstrak antioksidan kulit manggis (*Garcinia mangostana* L.), jintan hitam (*Nigella sativa* L.), bawang dayak (*Eleutherine palmifolia* L.) dan daun sirsak (*Annona muricata* L.) pada kerusakan organ hati mencit (*Mus musculus*) yang terpapar uap rokok elektrik, bagaimana gambaran histologi organ hati mencit yang rusak dan setelah diberi antioksidan, bagaimana jenis dari radikal bebas yang dihasilkan oleh uap rokok elektrik di dalam organ hati mencit.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan terdapat beberapa tujuan antara lain untuk mengetahui pengaruh radikal bebas pada impedansi jaringan, mengetahui pengaruh pemberian produk ekstrak antioksidan kulit manggis (*Garcinia mangostana* L.), jintan hitam (*Nigella sativa* L.), bawang dayak (*Eleutherine palmifolia* L.) dan daun sirsak (*Annona muricata* L.) pada kerusakan organ hati mencit (*Mus musculus*) pada

kerusakan organ hati mencit, mengidentifikasi jenis radikal bebas yang dihasilkan oleh uap rokok elektrik di dalam organ hati mencit.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dibuat oleh penulis untuk topik penelitian ini yaitu rokok elektrik yang digunakan bertipe pod, digunakan *salt-nic* (cairan) dengan kadar nikotin 3 mg/ml dengan satu varian perisa yaitu vanilla. Mencit berjenis kelamin jantan memiliki usia 2-3 bulan dengan bobot sekitar 20-30 gram serta degenerasi sel dan sistem imunitas (kekebalan) mencit yang berbeda-beda diabaikan. Antioksidan yang digunakan berupa produk ekstrak yang dijual dipasaran tanpa dilakukan uji kandungannya secara kimia. Organ yang diamati hanya organ hati mencit yang ditinjau histologinya dengan mikroskopis, identifikasi jenis radikal bebas, dan perubahan impedansi jaringan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diberikan dari penelitian ini yaitu diharapkan dapat menginformasikan tentang pengaruh radikal bebas dalam perubahan impedansi jaringan dan kerusakan akibat jenis radikal bebas yang dihasilkan oleh uap rokok elektrik di dalam hati mencit (*Mus musculus*), memberi informasi tentang pengaruh dari produk ekstrak antioksidan kulit manggis (*Garcinia mangostana* L.), jintan hitam (*Nigella sativa* L.), bawang dayak (*Eleutherine palmifolia* L.) dan daun sirsak (*Annona muricata* L.) pada kerusakan organ hati mencit.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rokok Elektrik

Rokok elektrik atau (*e-cigarette*) adalah salah satu alat bentuk pengerakan dari *Nicotine Replacement Therapy* (NRT) yang banyak digunakan oleh masyarakat sebagai alternatif berhenti dari rokok konvensional. Rokok elektrik disebut dengan *Electronic Nicotine Delivery System* (ENSD) merupakan bentuk rokok yang menggunakan baterai dan menghasilkan uap dari hasil pembakaran nikotin (Tanuwihardja & Susanto, 2012).

Rokok elektrik dibuat sama seperti rokok konvensional agar tidak kehilangan sensasi merokok. Namun dalam rokok elektrik tidak ada proses pembakaran tembakau yang menghasilkan TAR dan CO, yang ada hanya uap nikotin hasil pembakaran dalam rokok elektrik (Indra, N, & Utami, 2015). Cairan yang digunakan dalam rokok elektrik tidak hanya mengandung nikotin saja, namun ada kandungan air dan perasa serta adanya larutan gliserin dan propilen (Etter & Bullen, 2011).

Rokok elektrik memiliki komponen dasar yang berfungsi sebagai proses pembakaran zat kimia yang ada di dalam cairan akan menghasilkan uap. Komponen yang dimiliki rokok elektrik tertera pada Gambar 2.1 yaitu terdiri dari *battery* (letak energi batrai), *atomizer* (proses pemanasan yang akan menjadi uap) dan *cartridge* (tempat cairan nikotin). Bagian ujung rokok elektrik terdapat *chip* sebagai sensor jika dihirup akan terjadi proses pemanasan dalam *atomizer* dan keluar menjadi uap (Tanuwihardja & Susanto, 2012).



Gambar 2.1 Struktur rokok elektrik (Tanuwihardja & Susanto, 2012)

Namun dari masa ke masa bentuk dari rokok semakin modern. Tidak lagi berbentuk seperti rokok, pada generasi ke-3 mulai berubah seperti *handphone* dan juga berbentuk batang pipih yang dipaparkan pada Gambar 2.2. Cairan nikotin yang ada dalam rokok elektrik biasa disebut dengan *e-liquid* atau *e-juice* (BPOM, 2015).



Gambar 2.2 Rokok elektronik generasi terbaru (BPOM, 2015)

Daya hisap dari rokok elektrik lebih kuat jika dibandingkan dengan cara menghisap rokok konvensional. Hal ini dikarenakan dalam tata kerja dari rokok elektrik yaitu adanya sensor elektronik yang nantinya akan mengaktifkan semua bagian rokok elektrik. Jika rokok elektrik dihisap, aliran udara yang dihasilkan oleh hisapan tersebut akan terdeteksi oleh sensor yang akan memberi sinyal aktif memanaskan cairan dalam *atomizer* dan menghasilkan uap dari hasil pemanasan (Caponnetto et al., 2012).

2.2 Kandungan Cairan Rokok Elektrik

Terdapat larutan yang terdiri dari 4 jenis campuran terkandung dalam rokok elektrik. Jenis campuran itu terdiri dari nikotin, air, perasa, gliserin (VG) dan polipilen glikol (PG). Pencampuran zat kimia tersebut berbeda-beda setiap rokok elektrik tetapi tetap dikombinasikan dalam takaran tertentu (Kosmider et al., 2014).

Selain jenis zat kimia tersebut, ditemukan senyawa lainnya ditemukan di dalam rokok elektrik yang berbahaya antara lain:

1. *Tobacco-specific nitrosamine* (TSNAs)

2. *Diethylene glycol* (DEG)
 3. Logam: seperti nikel, perak, timah, kromium, dan aluminium yang terdapat pada uap rokok elektrik dengan ukuran nano partikel sehingga dapat sangat mudah masuk ke dalam saluran pernapas di paru-paru.
 4. Karbonil: formaldehida, asetaldehida, dan akrolein.
- Zat lainnya: kumarin, tadalafil, rimonabant, serat silika (BPOM, 2015). Jika dibandingkan dengan rokok konvensional, pada rokok elektrik hanya senyawa kimia yang terkandung di dalamnya. Namun untuk beberapa liquid rokok elektrik ditemukan kadar nikel dan kromium yang lebih besar 4 kali lipat dari rokok konvensional (Indra et al., 2015).

Banyaknya kandungan kimia yang terdapat pada rokok elektrik patut untuk diwaspadai. Pembakaran gliserin, propilen glikol dan dietil glikol yang dilakukan terus-menerus akan menjadi racun. Racun yang dihasilkan dari pembakaran tersebut akan bercampur berbentuk uap yang nantinya bisa masuk ke dalam saluran pernafasan dan dapat mengganggu pencernaan serta dapat merusak beberapa organ tubuh. Jika hati terus-menerus terpapar *aerosol* yang dihasilkan oleh rokok elektrik akan mengakibatkan peningkatan lemak dan gangguan sirkadian serta dapat terbentuk suatu radikal bebas berupa *Reactive Oxygen Species* (ROS) (Espinoza-derout et al., 2019).

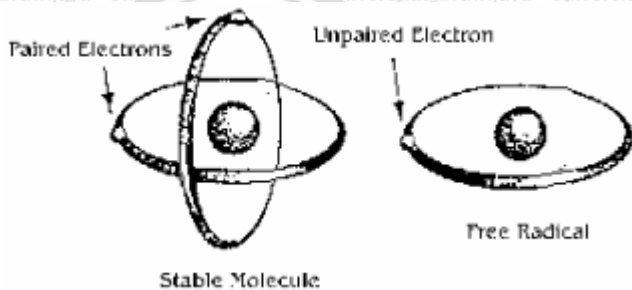
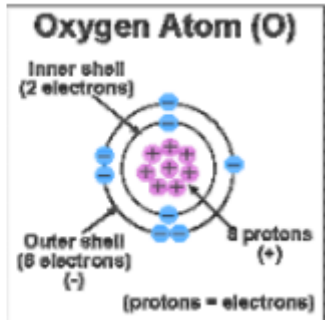
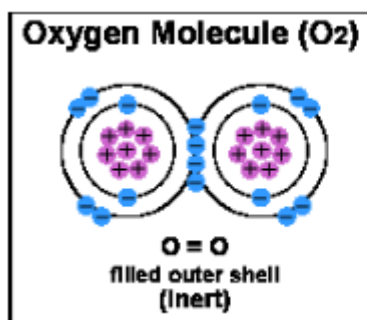
Kandungan zat karsinogen yang terdapat pada uap rokok elektrik terindikasi adanya kandungan formaldehid. Senyawa formaldehid terbentuk dari uap hasil pemanasan *liquid* rokok elektrik yang berperisa. Uap yang dihasilkanpun menghasilkan aroma yang sangat pekat. Formaldehid jika terus menerus masuk ke dalam tubuh akan sangat berbahaya (Khlystov & Samburova, 2016). Formaldehid terbentuk akibat dari rusaknya propilen glikol yang terkandung dalam cairan akibat proses pemanasan yang berlebih (Stoltz, Meyerholz, & Welsh, 2015). Formaldehida sendiri memiliki ciri-ciri khusus yaitu aromanya yang sangat pekat dan tidak berwarna. Senyawa formaldehida masuk kedalam tubuh dapat melalui kulit maupun dari proses pernafasan. Akibat yang ditimbulkan dari penumpukan senyawa formaldehid akan menyebabkan cedera ringan mulai dari iritasi pada mata, tenggorokan, dan hidung sampai dengan kerusakan

berat mulai dari toksisitas hati, radang ginjal, penyakit paru-paru dan karsinogenik (Saptarini, Wardati, & Supriatna, 2011).

2.3 Radikal Bebas

Radikal bebas secara alami terbentuk dari proses metabolisme tubuh di dalam mitokondria. Hasil metabolisme tubuh selain menghasilkan ATP (*Adenosine triphosphate*) juga terbentuk hidroksil dan anion superoksida yang dikenal dengan radikal bebas dalam tubuh. Radikal bebas juga terbentuk dari efek luar yaitu banyaknya polutan mulai dari asap rokok, asap kendaraan ataupun paparan sinar UV. Efek-efek tersebut dapat berpengaruh pada perubahan atom menjadi tidak stabil dan bersifat radikal (Savitri, Holil, Resmisari, Syarifah, & Munawaroh, 2019).

Radikal bebas merupakan senyawa, atom, molekul, ion yang terdapat elektron yang tidak memiliki pasangan sehingga bersifat tidak stabil. Radikal juga memiliki sifat yang reaktif dimana jika molekul dalam keadaan tidak stabil maka untuk menstabilkan diri akan mengambil elektron pada molekul lainnya sehingga dikenal dengan *Reactive oxygen species* (ROS) (Fitmawati, Titrawani, & Safitri, 2019). Radikal bebas mengganggu molekul lainnya dengan tujuan untuk memperoleh kembali elektron pasangannya seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.3. Cara molekul untuk menstabilkan diri dapat melalui proses oksidasi maupun proses reduksi. Molekul yang terampas elektronnya akan menjadi tidak stabil dan akan membentuk radikal baru. Radikal baru yang terbentuk akan melakukan penstabilan dengan cara yang sama hingga membentuk suatu rantai radikal. Ketidaksetimbangan antara senyawa oksidan dan antioksidan akan menimbulkan stress oksidatif (Arief, 2011).



Gambar 2.3 Struktur kimia radikal bebas (Arief, 2011)

Radikal berantai akan menimbulkan kerusakan pada susunan tubuh. Dimana jika terus menerus dibiarkan akan berakibat pada kerusakan organ sehingga timbul berbagai penyakit degeneratif (Selawa et al., 2013).

2.4 Antioksidan

Antioksidan memiliki peran dalam menghambat atau memutus proses oksidan yang dapat merusak sel. Antioksidan akan memberikan elektronnya pada senyawa oksidan untuk menstabilkan diri dan tidak terjadi kerusakan sel akibat produksi oksidan yang berlebih (Winarsi, 2007).

Didalam tubuh terdapat antioksidan yaitu antioksidan endogen diantaranya adalah enzim katalis yang berikatan dengan Fe, *glutathione peroxidase* dan *glutathione transfarase* yang berikatan

dengan Se, *superoxide dismutase* (SOD) yang berikatan dengan Cu, Zn dan Mn, dapat menghambat dan menyeimbangi radikal bebas. Namun jika radikal bebas dalam tubuh melebihi batas kemampuan antioksidan seluler, maka sangat dibutuhkan antioksidan tambahan untuk menstabilkan radikal bebas (Reynertson, Basile, & Kennelly, 2005).

2.5 Kulit Manggis

Menurut Gembong (1994) kedudukan taksonomi dari *Garcinia mangostana* L. sebagai berikut.

- Kingdom : Plantae
- Divisi : Spermatophyta
- Sub divisi : Angiospermae
- Kelas : Dicotyledonae
- Ordo : Guttiferanales
- Famili : Guttiferae
- Genus : *Garcinia*
- Spesies : *Garcinia mangostana* L.



Gambar 2.4 Kulit manggis (Srihari & Lingganingrum, 2015)

Kulit buah manggis mengandung berbagai senyawa seperti *mangostone*, *tannin*, *xanthone*, *chrysanthemum*, *garcinone*, *gartanin*, vitamin B1, B2, *terpen*, *anthocyanin*, *phenol* dan zat bioaktif lainnya (Moongkarndi et al., 2004). Kulit manggis yang dapat dilihat pada Gambar 2.4 mempunyai aktifitas farmakologi yaitu senyawa *xanthone*

berperan untuk menghambat radikal bebas dan kerusakan sel. *Xanthone* memiliki kandungan senyawa antioksidan tinggi dan bersifat antikanker, antidiabetes, dan antiinflamasi (Srihari & Lingganingrum, 2015).

2.6 Bawang Dayak

Klasifikais dari bawang dayak (*Eleutherine palmifolia* L.) dalam ilmu taksonomi sebagai berikut (BPOM, 2011).

- Divisi : Spermatophyta
- Kelas : Monocotyledoneae
- Ordo : Liliales
- Famili : Iridaceae
- Genus : *Eleutherine*
- Spesies : *Eleutherine palmifolia* L.



Gambar 2.5 Bawang dayak (Hidayah, Mulkiya, & Purwanti, 2015)

Bawang dayak yang tertera pada Gambar 2.5 memiliki senyawa fitokimia seperti golongan fenol, steroid, dan tanin. Karena kandungan senyawa tersebut bawang dayak digunakan sebagai obat kanker. Ada senyawa yang berperan sebagai antioksidan dan dapat menghambat radikal bebas (Hidayah et al., 2015).

2.7 Jintan Hitam

Menurut Tjitrosoepomo (2007) jintan hitam di klasifikasikan dalam ilmu taksonomi sebagai berikut.

- Divisi : Magnoliophyta
- Kelas : Magnoliopsida
- Ordo : Ranunculales
- Famili : Ranunculaceae
- Genus : *Nigella*
- Spesies : *Nigella sativa* L.



Gambar 2.6 Jintan hitam (*Nigella sativa* L.) (Tjitrosoepomo 2007)

Jintan hitam yang tertera pada Gambar 2.6 mengandung unsur kimia seperti protein, lemak, kalsium, vitamin A, vitamin B2, niasin, asam askorbat, fiber dan abu. Jintan hitam juga mengandung 15 asam amino, zat besi, riboflavin, kalium, tiamin, natrium, tembaga dan zing. Selain itu dalam jintan hitam terkandung unsur yang berperan sebagai antioksidan utama seperti *Thymoquinone* (TQ), *Dithymoquinone* (DTQ), *Thymohidroquinone* (THQ) dan *Thymol* (THY) (Musfiroh & Gustari, 2015).

2.8 Daun Sirsak

Sirsak diklasifikasikan dalam ilmu taksonomi sebagai berikut:

- Kingdom : Plantae

Divisi : Spermatophyta
Sub Divisi : Angiospermae
Kelas : Dicotyledonae
Ordo : Polycarpiceae
Famili : Annonaceae
Genus : Annona
Spesies : *Annona muricata* L.



Gambar 2.7 Daun sirsak (Puspitasari, Wulansari, Widyarningsih, Maligan, & Nugrahini, 2015)

Daun sirsak pada Gambar 2.7 terkandung unsur kimia seperti alkaloid, tanin dan lain-lain. Senyawa *annonaceous acetogenins* yang terdapat di daun sirsak memiliki sitotoksik yang akan menghambat atau menghentikan produksi sel kanker. Adapun kandungan lain yaitu flavonoid, steroid, dan kumarin. Flavonoid yang ada di daun sirsak merupakan senyawa antioksidan. Hasil identifikasi menunjukkan ekstrak daun sirsak mengandung flavonoid golongan flavon, dihidroflavonol, flavonol dan flavanon yang dapat memutus rantai oksidasi radikal bebas (Puspitasari et al., 2015).

2.9 Mencit

Mencit adalah salah satu hewan yang sering dimanfaatkan sebagai uji coba suatu penelitian, salah satunya yaitu penelitian obat sebelum diberikan kepada manusia. Karena sudah sering dijadikan model penelitian, mencit sering disebut sebagai hewan laboratorium.

Adapun selain obat-obatan, mencit juga digunakan sebagai analisis penyakit manusia (Rakhmadi & Muladno, 2009).

Mencit memiliki keunggulan dibandingkan dengan hewan lain yaitu persamaan secara fisiologi sama seperti manusia. Selain itu, dalam penanganannya tergolong mudah karena aktivitas berkembangbiak yang panjang dalam siklus hidup yang pendek. Menurut Kusumawati (2004) data biologis dari mencit ditunjukkan pada Tabel 2.2 di bawah ini:

Tabel 2.1 Data biologis mencit (Kusumawati 2004).

Lama hidup	1 – 2 tahun
Lama bunting	19 – 21 hari
Umur disapih	21 hari
Umur dewasa	35 hari
Umur dikawinkan	8 minggu
Berat dewasa	Jantan: 20 – 40 gr Betina: 18 – 35 gr
Berat lahir	0,5 – 1 gr
Jumlah anak	Rata – rata 6 - 15
Suhu (rektal)	36 – 39 ⁰ C (rata – rata 37,9 ⁰ C)
Konsumsi oksigen	2,38 – 4,48 ml/g/jam
Volume darah	75 – 80 ml/kg
Sel darah merah	7,7 – 12,5 x 10 ³ /mm ³
Sel darah putih	6,0 – 12,6 x 10 ³ /mm ³
Trombosit	150 – 400 x 10 ³ /mm ³
Hb	13 – 16/100 ml
Kecepatan tumbuh	1 g/hari

Adapun alasan lain mencit sering digunakan dalam penelitian dengan pertimbangan beberapa keuntungan yaitu daur estrusnya teratur yaitu 4 – 5 hari dan dapat dideteksi, periode kehamilan yang relatif singkat, dan mempunyai anak yang banyak serta terdapat keselarasan pertumbuhan dengan kondisi manusia (Akbar, 2010).

Taksonomi mencit (*Mus musculus*) dijelaskan sebagai berikut (Setijono, 1985):

Kingdom : Animalia
Filum : Chordata
Kelas : Mamalia
Ordo : Rodentia
Famili : Muridae
Genus : *Mus*
Spesies : *Mus musculus*



Gambar 2.8 Mencit (*Mus musculus*) (Setijono, 1985)

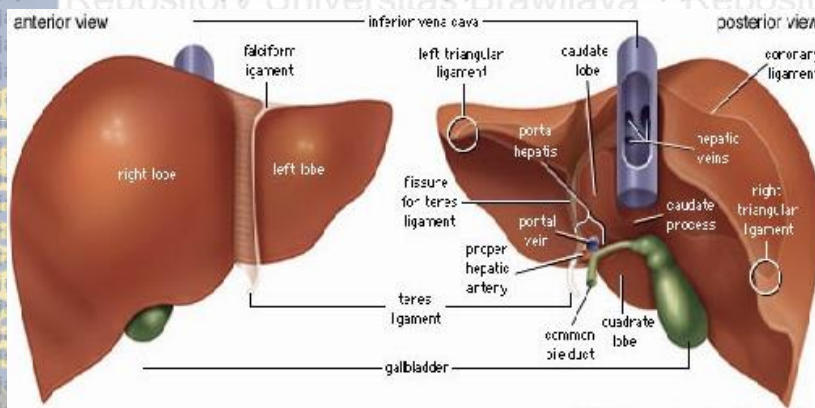
2.10 Hati

2.10.1 Anatomi Hati

Hati adalah organ bagian dalam manusia berukuran paling besar. Hati berbentuk lunak dan terletak di bawah diafragma. Berat organ hati tersebut kurang lebih 1,5 kg atau berkisar 3 – 5% dari berat badan seperti yang tertera pada Gambar 2.9. Organ hati memiliki fungsi sebagai tempat utama aktivitas sintesis, katabolik, dan detoksifikasi dalam tubuh (Jayanti, 2011).

Dalam sistem ekskresi, hati berfungsi sebagai proses ekskresi cairan empedu. Empedu tersebut berasal dari proses hemoglobin dari eritrosit yang telah tua. Setiap hari, hati mampu mengekskresikan cairan empedu sebanyak 800 – 1000 ml (Junqueira, 1995). Hati juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan gula dalam bentuk glikogen,

menetralkan racun, mengubah provitamin A menjadi vitamin A, dan mengatur kadar gula dalam darah (Haribi, Darmawati, & Hartiti, 2010).



Gambar 2.9 Anatomi organ hati (Julio, Busman, & Nurcahyani, 2013)

2.10.2 Fisiologi Hati

Organ hati sangat penting untuk sistem pencernaan dalam melakukan sekresi empedu. Empedu yang dihasilkan organ hati dalam satu hari berkisar sebanyak satu liter, yang berproses dari sekresi melalui duktus hepatikus kanan dan kiri selanjutnya akan bergabung membentuk duktus hepatikus komunis. Organ hati juga memiliki berbagai macam fungsi selain sekresi empedu, yaitu:

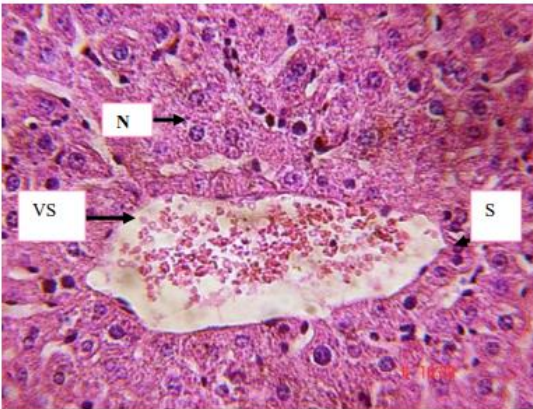
1. Sebagai pengolahan metabolik kategori nutrisi utama yaitu (karbohidrat, lemak, protein) yang dihasilkan setelah penyerapan dari proses pencernaan.
2. Proses detoksifikasi dari zat beracun dan berbahaya yang masuk ke dalam tubuh.
3. Sintesis protein, termasuk protein yang sangat penting bagi proses pembekuan darah, menyalurkan hormon tiroid, steroid dan mengangkut kolesterol yang ada dalam darah.
4. Sebagai tempat penyimpanan glikogen, lemak, besi, tembaga, dan berbagai jenis vitamin.

5. Berkolaborasi bersama organ ginjal untuk proses pengaktifan vitamin D.
6. Sebagai tempat pengeluaran bakteri yang beracun dari dalam tubuh.
7. Ekskresi kolesterol dan bilirubin, merupakan produk penguraian berasal dari pemecahan sel darah merah yang sudah tua (Netter, 2006).

2.10.3 Histologi Hati

Sel hati normal memiliki satu nukleus, tetapi ada pula yang memiliki lebih dari satu nukleus atau biasa disebut dengan sel binukleat yang berada di posisi tengah (Fajariyah, Utami, & Arisandi, 2010).

Vakuolisasi dari karakteristik sel hepatosit adalah memiliki volume hepatosit yang besar, terdapat satu nukleus pada masing-masing sel, berbentuk cekung melebar dan berwarna putih untuk sitoplasma hepatosit pada organ hati normal seperti Gambar 2.10. Di daerah vena sentralis ditemukan hepatosit bervakuola yang ada pada zona sentrolobuler. Pada organ hati, sel yang mengalami degeneratif dan nekrosis lebih banyak dibandingkan hepatosit yang mengalami proses fragmentasi. Apabila sel mengalami kerusakan akan tampak lebih besar dan membengkak dari hepatosit dalam keadaan normal, tetapi adapula yang memiliki ukuran lebih kecil dari hepatosit normal. Dalam kondisi sel yang masih tersusun baik, hepatosit akan berbentuk bulat.



Gambar 2.10 Gambaran histologi hati manusia normal dengan perbesaran 400x (Fajariyah et al., 2010)

2.10.4 Histopatologi Hati

Hati merupakan tempat sebagai detoksifikasi racun maupun biotransformasi dengan hasilnya yang tidak aktif akan larut dengan air. Setiap gangguan yang mengganggu hati akan berimbas pada terganggunya aktivitas hati yang normal dalam tubuh (Indahsari, 2017). Organ hati yang mengalami kerusakan dapat mengganggu proses detoksifikasi racun atau zat berbahaya tersebut akan terdeposit dan mengendap pada *bilirubin* yang ada didalam darah karena tidak mampu dikeluarkan oleh tubuh.

Kerusakan sel hati bersifat reversibel dan irreversibel (Taylor & Chandrasoma, 2005).

1. Kerusakan secara reversibel

Pada semua bentuk kerusakan sel, terjadi pembengkakan sel yaitu proses manifestasi pertama. Dimana dapat menyebabkan pergeseran air ekstraseluler ke dalam sel, serta dapat mengalami gangguan dalam mengatur ion dan volume di dalam tubuh karena kehilangan ATP (*Adenosin tripospat*). ATP adalah bentuk energi di dalam tubuh (Taylor & Chandrasoma, 2005).

Apabila kadar air tertimbun di dalam sel, maka dalam sitoplasma terdapat beberapa vakuola-vakuola kecil jernih. Pada *reticulum endoplasma* (RE) akan mengalami pelebaran dan perubahan bentuk menonjol keluar atau segmen pecahan. Gambaran jejas non letal tersebut sering disebut dengan degenerasi vakuola atau degenerasi hidropobik. Pada tahap selanjutnya akan tampak edematosa (degenerasi parenkimatosa) dengan sitoplasma bergumpal dan pelebaran rongga-rongga jernih pada hepatosit yang membengkak (Robbins et al., 2007).

Perlemakan pada hati disebabkan karena terjadi proses terkumpulnya trigliserida pada sel parenkim hati. Akumulasi dapat terjadi berdasarkan keadaan berikut ini:

- Jumlah asam lemak meningkat yang disebabkan oleh peningkatan pergerakan lemak jaringan.
- Peningkatan aktivitas enzim dapat berdampak pada kecepatan konversi dari asam lemak menjadi trigliserida di dalam organ hati menjadi semakin tinggi.
- Terjadi penurunan bahan keton dan oksidasi trigliserida menjadi asetil-koA.
- Sintesis protein aseptor lemak mengalami penurunan (Taylor & Chandrasoma, 2005).

2. Kerusakan secara irreversibel

a. Nekrosis

Kerusakan nekrosis tersebut dapat terjadi secara langsung maupun dipengaruhi oleh degenerasi sel (kerusakan reversibel). Dimana gambaran mikroskopik dari keadaan sel nekrosis tersebut dapat berupa gambaran karioreksis, pembengkakan dan kariolisis. Berdasarkan letaknya, terdapat 3 jenis nekrosis yaitu nekrosis submasif, nekrosis zona dan nekrosis fokal, (Taylor & Chandrasoma, 2005).

b. Fibrosis

Proses pengumpulan matriks dalam ekstraseluler bentuk dari respon berasal dari kronik atau cedera akut pada hati. Pada keadaan awal, pembentukan fibrosis terjadi di dalam dan di sekitaran saluran vena sentralis atau dapat mengendap langsung di dalam sinusoid. Peristiwa ini dapat disebut sebagai reaksi penyembuhan pada cedera.

Dimana cedera yang terjadi di hepatosit dapat berdampak pada pelepasan sikotin dan faktor *soluble* lainnya karena sel Kupffer serta sel tipe lainnya pada organ hati (Robbins et al., 2007).

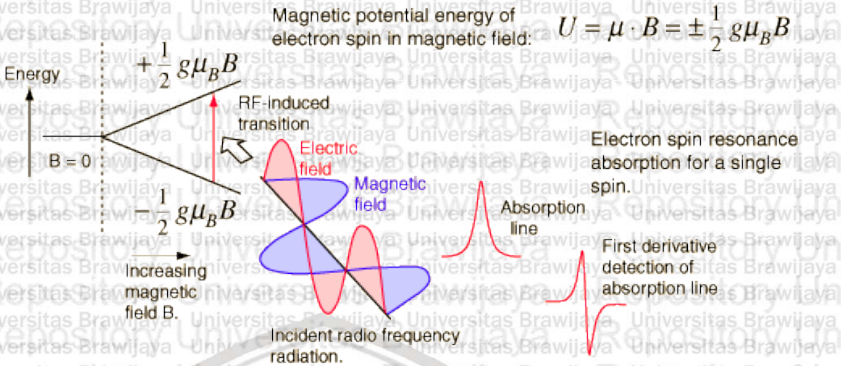
c. Sirosis

Selanjutnya pada fibrosis dan cidera parenkim terjadi pembagian hati menjadi nodus hepatosit karena regenerasi sel yang dikelilingi oleh jaringan parut dimana jaringan parut tersebut biasa disebut dengan sirosis (Robbins et al., 2007).

2.11 ESR

ESR (*Electron Spin Resonance*) merupakan suatu alat dengan teknik untuk mengidentifikasi senyawa yang tidak memiliki elektron berpasangan atau radikal bebas (Rizqiyah, Muthmainnah, Syarifah, & Mulyono, 2014). Pada umumnya radikal bebas terbentuk karena ketidakstabilan suatu senyawa karena memiliki elektron yang tidak berpasangan akibat pengaruh hasil metabolisme maupun efek dari luar tubuh (Weckhuysen, Heidler, & Schoonheydt, 2004).

Pada Gambar 2.11 dibawah menunjukkan reaksi antara spin elektron tergantung pada momen magnetik spin. Interaksi yang dihasilkan akan membagi sampai tingkat energi spin (*Zeeman splitting*) dan terjadi transisi pada tingkat spin. Selanjutnya gelombang RF (*Radio frequency*) diinduksi yang menyebabkan transisi elektron dari suatu keadaan ke keadaan yang lain atau mengalami eksitasi dan deeksitasi. Keadaan tersebut yang menyebabkan elektron beresonansi pada tingkat spin sehingga elektron deeksitasi dengan memancarkan radiasi RF.



Gambar 2.11 Proses elektron beresonansi pada tingkat spin

Jenis radikal bebas yang ada pada sampel dapat diklasifikasikan dengan mengetahui nilai faktor-g nya. Untuk menentukan nilai dari faktor-g, membutuhkan nilai medan magnet (B) yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.1).

$$B = \frac{\mu_0 I n}{4\pi r} \quad (T) \quad (2.1)$$

Dimana :

- μ_0 = konstanta medan magnet ($1,2566 \times 10^{-6}$ Vs/Am)
- n = jumlah lilitan pada kumparan (320 lilitan)
- r = jari-jari kumparan (6,8 cm)
- I = arus yang mengalir melewati kumparan (A)

Nilai medan magnet yang didapatkan selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai faktor-g dengan menggunakan persamaan (2.2).

$$g = \frac{hf}{\mu_B B} \quad (2.2)$$

Dengan,

- μ_B = magneton Bohr ($9,274078 \times 10^{-24}$ Am²)
- h = konstanta Plank ($6,625 \times 10^{-34}$ Ws²)
- f = frekuensi resonansi (Hz)

B = medan magnet luar (T)
 g = 2.0023, elektron g -factor atau *Landé-factor*

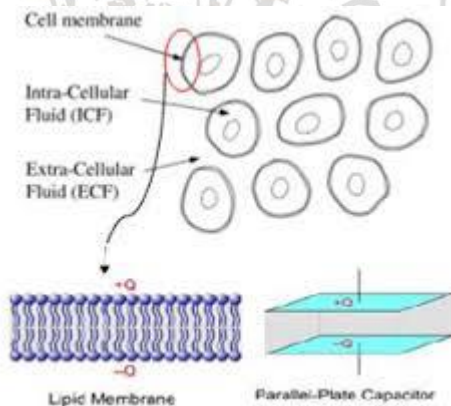
Nilai faktor- g dari setiap molekul yang bersifat radikal berbeda-beda. Radikal bebas dapat diklasifikasi jenisnya dengan nilai faktor- g yang dijelaskan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.2 Nilai faktor- g .

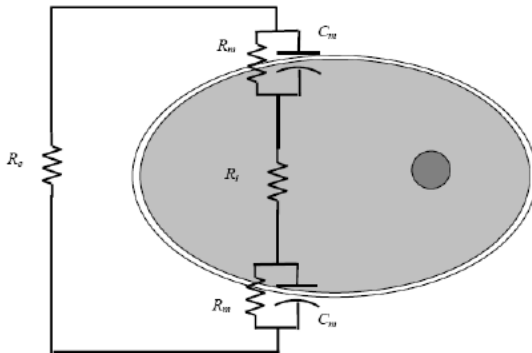
No	Nama Radikal	Nilai g Faktor
1	O	1.501
2	O ₂ ⁻	1.501 – 1.750
3	Fe ³⁺	1.77
4	MnO ₂	1.8367
5	FeS	1.86
6	Hidroperoxide	1.9896
7	CO ₂ ⁻	1.996
8	Cu	1.997
9	SO ₄ ⁻	1.9976
10	Hydroxyl	2.00047
11	CO ₂	2.0007
12	Alkoxyl	2.00160 – 2.00197
13	Helium	2.002
14	Methanol	2.00205
15	Alkyl	2.00206
16	Hydrogen	2.00232
17	Methyl	2.00255-2.00286
18	DPPH	2.0036
19	SO ₃	2.0037
20	Ethyl	2.004
21	C	2.00505 – 2.00548
22	Peroxy	2.0155 – 2.0265
23	CuO _x	2.098
24	CuGeO ₃	2.154
25	YBa ₂ Cu ₃ O ₇	2.24
26	Cu-HA	2.289
27	Hg	4 – 4.5

2.12 Karakteristik Kelistrikan pada Organ

Jaringan biologis pada makhluk hidup memiliki sifat kelistrikan yang biasa dinamai dengan biolistrik. Sifat kelistrikan pada jaringan organ terdiri dari kapasitansi, resistansi, permitivitas dan konduktansi. Proses biologis pada jaringan merupakan proses elektrik yang mana jika sel pada jaringan dalam keadaan normal ataupun rusak akan berpengaruh pada sistem proses elektriknya. Sel-sel penyusun jaringan pada organ dilindungi dengan membran semipermeabel yang tersusun atas protein dan *bilayer lipids* (Faisal, 2013). Membran sel memiliki sifat seperti kapasitor karena perannya sebagai pemisah antara cairan luar sel dan dalam sel yang bersifat konduktor yang dipaparkan pada Gambar 2.12 serta ilustrasi rangkain listrik ekivalen pada sel dilihat pada Gambar 2.13 di bawah (Putri, Sulistya, & Santoso, 2017).



Gambar 2.12 Gambaran membran sel seperti sifat kapasitor



Gambar 2.13 Rangkaian ekivalen pada sel

Setiap bahan mempunyai sifat listrik yang bergantung pada kondisi internal bahan seperti tingkat keasaman, dipol listrik, tingkat kandungan air, dan komposisi bahan kimia. Nilai konstanta dielektrik dapat ditentukan setelah diketahui nilai dari rerata kapasitansinya. Unit kapasitansi per volume sitem bahan disebut sebagai permitivitas (ϵ) atau bahan dielektrik (Setyani, Widodo, & Saroja, 2014)(Ghoshal et al., 2017). Apabila sel mengalami kerusakan akan berakibat pada penurunan kapasitansi karena tidak adanya proses penyearah momen dipol. Terjadinya penurunan nilai sifat dielektrik karena adanya hubungan sifat dielektrik dengan besarnya kapasitansi suatu bahan (Hidayat et al., 2014).

Kapasitansi merupakan kemampuan tersimpannya energi listrik dalam sebuah kapasitor. Kapasitor pelat paralel terhubung ke sumber listrik dengan masing-masing pelat memiliki muatan dengan ukuran yang sama dengan tanda yang yang berbeda, yaitu $+q$ dan $-q$ serta memiliki beda potensial (V) diantara dua pelat. Perbandingan antara nilai muatan dan beda potensial disebut dengan kapasitansi (C) yang ditulis pada persamaan 2.3 (Halliday, Resnick, & Walker, 2011).

$$C = \frac{q}{V} \quad (2.3)$$

Faktor yang mempengaruhi kapasitansi pada kapasitor yaitu bahan dielektrik, jarak antar plat, dan luas plat. Kapasitansi yang dipengaruhi

oleh luasan area plat dan bahan dielektrik dapat dijelaskan hubungannya pada persamaan 2.4.

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \quad (2.4)$$

ϵ adalah permitivitas bahan dielektrik (Supu, 2015).

Medan listrik yang dimiliki oleh konduktor harus nol agar muatan bebas tidak bergerak pada konduktor jika membahas tentang konduktor elektrostatik. Medan listrik memberi gaya pada muatan bebas untuk menghasilkan arus dalam konduktor dengan arah arus yang searah dengan medan listrik. Hal ini dikarenakan medan listrik berada di arah gaya pengisian positif dan arus itu sendiri adalah arah arus muatan positif. Arus dalam suatu kawat berbanding lurus dengan perbedaan potensial listrik yang melewati suatu bagian yang disebut dengan Hukum Ohm. Resistansi suatu kawat akan dijelaskan pada Persamaan 2.5.

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (2.5)$$

ρ adalah resistivitas yang memiliki satuan ohm meter (Tipler & Mosca, 2008).

Karakteristik biolistrik juga dapat ditinjau dari nilai impedansi listrik. Nilai impedansi dapat dikorelasikan dengan kondisi jaringan dalam menyatakan mutu suatu bahan maupun tingkat kerusakan jaringan. Besar impedansi listrik pada bahan dipengaruhi oleh frekuensi dan diperoleh dari perbandingan nilai potensial listrik dengan nilai arus yang diberikan. Secara sistematis dijelaskan pada Persamaan 2.6 sebagai berikut.

$$|Z| = \frac{V}{I} \quad (2.6)$$

Z melambangkan nilai impedansi (Putri et al., 2017). Sedangkan untuk nilai impedansi listrik sebagai fungsi frekuensi dituliskan pada Persamaan 2.7.



$$\frac{1}{z} = j\omega C + \frac{1}{R} \quad (2.7)$$

Besaran frekuensi pada fungsi impedansi listrik memiliki nilai yang berbanding terbalik. Hal inilah penyebab nilai impedansi listrik akan mengalami penurunan jika frekuensi meningkat. Nilai impedansi akan sama dengan resistansi dan persis berkebalikan dengan konduktansi pada saat frekuensi nol serta akan menjadi minimum jika frekuensi mendekati tak hingga (Hidayat et al., 2014).



BAB III METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

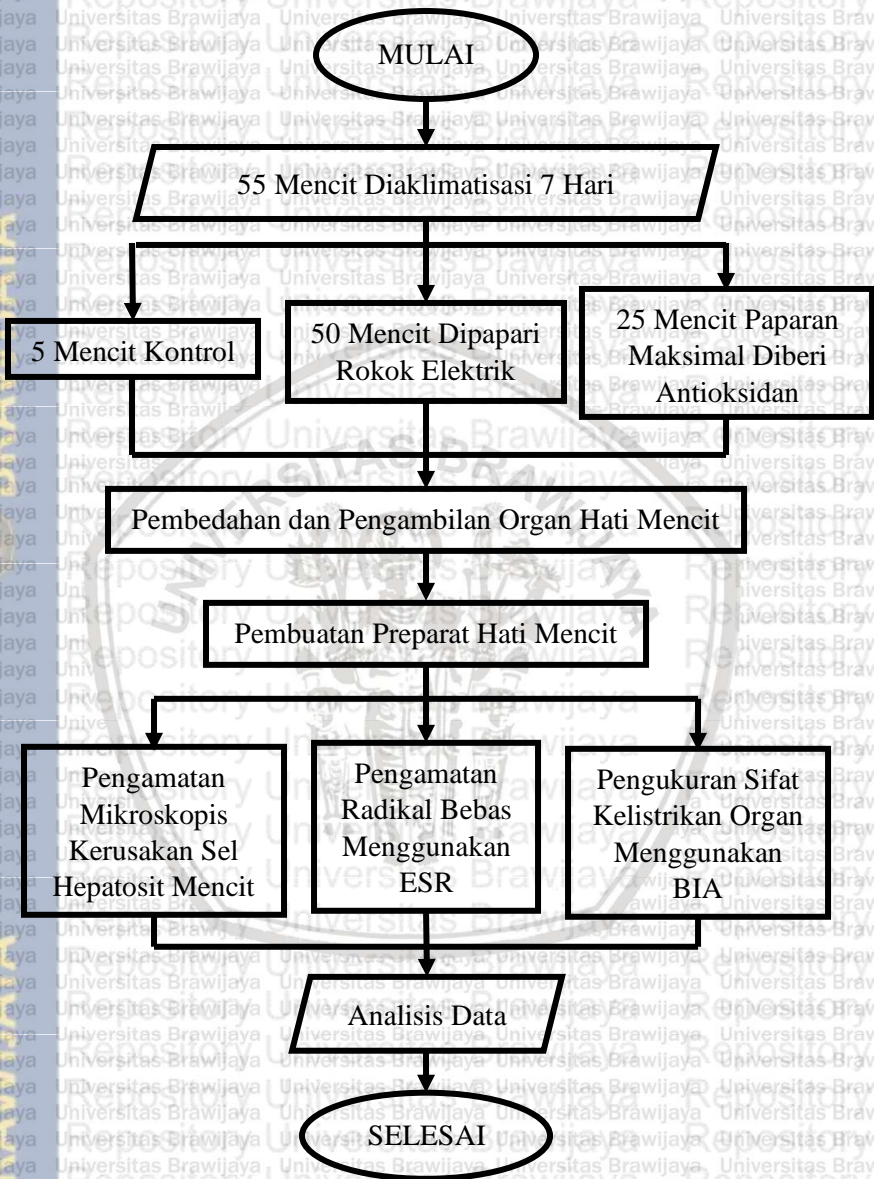
Penelitian akan dilakukan pada bulan Januari 2020 sampai dengan bulan Februari 2020 yang bertempat di Laboratorium Farmakologi Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Malang, Laboratorium Fisika Lanjutan, Laboratorium Biofisika dan Laboratorium *Measurement and Circuit System* Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk penelitian yaitu *smoking box*, kandang mencit, timbangan digital, sonde lambung, rokok elektrik, *trhee way*, selang bening, tabung spuit, seperangkat alat bedah, sarung tangan, masker, alat preparasi, ESR (*Elektronic Spin Resonance*) Leybold, perangkat BIA (*Bioimpedance Analyzer*), lempeng elektroda dan mikroskop digital. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu mencit jantan berusia 2-3 bulan, sekam, pewarna HE (*Hemaktosilin-Erosin*), cairan PBS (*Phosphate Buffered Saline*), akuades, formalin 10%, *xylol*, kertas label, *salt-nic* 6 mg/ml dan ekstrak kulit manggis, jintan hitam, bawang dayak, dan daun sirsak.

3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan memiliki beberapa tahapan. Tahapan-tahapan tersebut ditunjukkan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian terhadap hewan uji coba

3.4 Cara Kerja

3.4.1 Persiapan Hewan Coba

Tahapan pertama yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu persiapan alat dan bahan untuk pemeliharaan mencit diantaranya yaitu kandang, sekam, tempat makan dan minum, serta pakan mencit. Selanjutnya, hewan coba mencit dikelompokkan sesuai perlakuan menjadi 11 kelompok dari 55 ekor mencit yang pembagiannya tertera pada Tabel 3.1. Setiap kelompok perlakuan masing-masing terdapat lima ekor mencit. Sebelum tahap perlakuan, dilakukan aklimatisasi selama 7 hari untuk mencit beradaptasi dengan lingkungan sekitar.

Tabel 3.1 Pengelompokan perlakuan pada hewan coba.

Kelompok	Label	Jumlah	Perlakuan
Kontrol	K-	5 ekor	Tanpa perlakuan apapun
Pemaparan rokok elektrik	P1	5 ekor	5 kali paparan
	P2	5 ekor	10 kali paparan
	P3	5 ekor	15 kali paparan
	P4	5 ekor	20 kali paparan
	P5	5 ekor	25 kali paparan
Pemberian antioksidan	AO1	5 ekor	Dosis 5,85 mg paparan maksimal
	AO2	5 ekor	Dosis 8,775 mg paparan maksimal
	AO3	5 ekor	Dosis 11,7 mg paparan maksimal
	AO4	5 ekor	Dosis 14,625 mg paparan maksimal
	AO5	5 ekor	Dosis 17,55 mg paparan maksimal

3.4.2 Pemaparan Rokok Elektrik pada Hewan Coba

Proses pemaparan uap rokok elektrik pada penelitian ini dilakukan setiap hari dalam kurun waktu 30 hari. Pemaparan dilakukan dengan cara uap yang dihasilkan oleh rokok elektrik dimasukkan dalam *chamber*. Proses pemasukan uap rokok elektrik dalam *chamber* dibantu oleh alat yang terdiri dari tabung spuit, selang dan *three way* yang dirangkai seperti pada Gambar 3.2. Pemaparan uap rokok elektrik berbeda-beda sesuai dengan pembagian kelompok perlakuan. Proses pemaparan dilakukan selama 20 menit dengan keadaan kotak tertutup rapat. Setelah pemaparan, *chamber* dibuka dan dibiarkan selama 3 menit sebelum hewan coba mencit dimasukkan ke kandang kembali.



Gambar 3.2 Proses penyemprotan uap rokok elektrik

3.4.3 Pemberian Antioksidan pada Hewan Coba

Antioksidan yang diberikan pada hewan uji berupa produk ekstrak dari kulit manggis, daun sirsak, jintan hitam dan bawang dayak. Sebelum diberikan pada mencit, antioksidan dibuat dosisnya berdasarkan anjuran penggunaan ideal pada setiap ekstrak dan dikonversikan dari perhitungan dosis antioksidan manusia ke hewan coba mencit dengan acuan tabel konversi Laurence-Bacharach yang tertera pada Tabel 3.2. Terdapat faktor konversi manusia ke mencit untuk perhitungan dosis sebesar 0,0026 gram (Nurliani, 2015).

Tabel 3.2 Tabel konversi perhitungan dosis berbagai jenis hewan dengan manusia (Laurence & Bacharach, 1964).

	Mencit 20 gr	Tikus 200 gr	Marmut 400 gr	Kelinci 2 kg	Kucing 2 kg	Kera 4 kg	Anjing 12 kg	Manusia 70 kg
Mencit 20 gr	1,0	7,0	12,25	27,8	29,7	64,1	124,2	387,9
Tikus 200 gr	0,14	1,0	1,74	3,9	4,2	9,2	17,8	56,0
Marmut 400 gr	0,08	0,57	1,0	2,25	2,4	5,2	10,2	31,5
Kelinci 2 kg	0,04	0,25	0,44	1,0	1,08	2,4	4,5	14,2
Kucing 2 kg	0,03	0,23	0,41	0,92	1,0	2,2	4,1	13,0
Kera 4 kg	0,016	0,11	0,19	0,42	0,45	1,0	1,9	6,1
Anjing 12 kg	0,008	0,06	0,10	0,22	0,24	0,52	1,0	3,1
Manusia 70 kg	0,0026	0,018	0,031	0,07	0,076	0,16	0,32	1,0

Pemberian antioksidan pada mencit dihitung dengan konversi dosis manusia ke mencit dengan tiap-tiap ekstrak tertera pada Tabel 3.3.

Dosis pemberian antioksidan pada mencit divariasikan menjadi lima dosis dengan persentase 50%, 75%, 100%, 125% dan 150%. Hasil perhitungan dosis antioksidan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.3 dengan catatan pemberian antioksidan dilakukan dua kali sehari.

1. Kulit Manggis : $4 \times 550 \text{ mg} \times 0,0026 = 5,72 \text{ mg}$
 2. Jintan Hitam : $4 \times 500 \text{ mg} \times 0,0026 = 5,2 \text{ mg}$
 3. Bawang Dayak : $3 \times 550 \text{ mg} \times 0,0026 = 4,29 \text{ mg}$
 4. Daun Sirsak : $3 \times 500 \text{ mg} \times 0,0026 = 3,9 \text{ mg}$
- Total : $19,11 \text{ mg} / 2 = 9,555 \text{ mg}$

Tabel 3.3 Dosis antioksidan dengan lima variasi pemberian

No.	Ekstrak	Total dosis/hari (mg)	Nilai konversi	Dosis mencit/hari (mg)
1.	Kulit manggis	2000	0,0026	5,2
2.	Daun sirsak	2000	0,0026	5,2
3.	Bawang dayak	2000	0,0026	5,2
4.	Jintan hitam	3000	0,0026	7,8
Total				23,4

Dosis antioksidan yang diberikan pada mencit perharinya dikalikan dengan 50% dosis manusia dan hasilnya digunakan sebagai dosis 100% untuk mencit yaitu sebesar 11,7 mg. Pemberian dosis antioksidan pada mencit dikelompokkan menjadi lima variasi dosis yang ditunjukkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Kelompok pemberian antioksidan

Dosis	Persentase	Jumlah (mg)
AO1	50%	5,85
AO2	75%	8,775
AO3	100%	11,7
AO4	125%	14,625
AO5	150%	17,55

Proses pemberian antioksidan dilakukan selama 30 hari pada mencit dengan perlakuan pemaparan maksimum yaitu 25 kali pemaparan. Langkah pemberian antioksidan yang pertama-tama

dilakukan yaitu semua ekstrak yang sudah dihitung dosisnya dilarutkan dengan akuades. Setelah larut, antioksidan diberikan pada mencit dengan teknik sonde yakni menggunakan alat sonde lambung yang dapat dilihat pada Gambar 3.3. Hal ini dilakukan sama untuk semua dosis variasi yang sudah ditentukan.



Gambar 3.3 Proses pemberian antioksidan pada mencit

3.4.4 Proses Pengambilan Sampel Hati

Mencit yang sudah diberi perlakuan selama 30 hari akan dibedah dan diambil organ hatinya untuk diamati. Proses pembedahan mencit dilakukan dengan cara dislokasi. Setelah didislokasi, mencit diposisikan terlentang dan setiap kakinya ditancapkan pada *styrofoam* dengan jarum. Mencit dibedah dengan menggunakan alat bedah dan diambil organ hatinya. Organ hati yang sudah diambil dicuci dengan akuades dan direndam dalam larutan PBS (*Phospat Buffered Saline*) untuk menjaga keawetan organ. Selanjutnya organ hati dipotong menjadi tiga bagian yang masing-masing akan digunakan pada tiga uji.

3.4.5 Pembuatan Preparat Hati

Pembuatan preparat digunakan untuk pengujian mikroskopis. Hati yang sudah dibagi dan salah satu bagiannya dibuat preparat khusus untuk diamati oleh mikroskopis. Adapun langkah-langkah untuk membuat preparat hati ditunjukkan pada Gambar 3.4 tersebut.



Gambar 3.4 Diagram alir proses pembuatan preparat organ hati

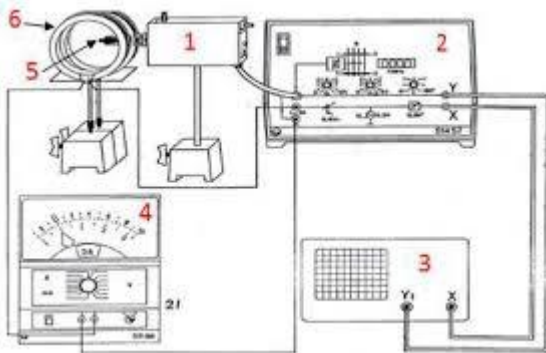
3.4.6 Pengamatan Mikroskopis Preparat Organ Hati

Organ hati yang sudah dibuat preparat akan diamati dengan menggunakan mikroskopis digital. Pengamatan yang dilakukan menggunakan mikroskopis digital dengan perbesaran 400x. Preparat organ hati yang diamati diambil dari lima luas lapang pandang yaitu bagian atas, bawah, kiri, kanan, dan tengah dari preparat organ hati tersebut. Setelah preparat organ hati tersebut diamati, hasil gambarnya akan dianalisis dengan menggunakan metode skoring atau *Manja Roenigk* (Insani, Samsuri, & Berata, 2015) yang mana ditinjau dari beberapa aspek sebagai berikut:

- 1 = Normal, tidak ada perubahan patologis
- 2 = Pendarahan (hemoragi)/ Degenerasi parenkimatosa
- 3 = Degenerasi meleak/ Degenerasi hidropobik
- 4 = Nekrosis

3.4.7 Identifikasi Radikal Bebas pada Organ Hati

Kandungan radikal bebas yang terdapat pada organ hati menciit yang diberi kelompok perlakuan paparan rokok elektrik dan pemberian antioksidan dapat diidentifikasi dari alat uji ESR (*Electron Spin Resonance*). Pada penelitian ini alat uji ESR yang digunakan yaitu tipe Leybold-Heracus. Rangkaian ESR disusun mulai dari dua kumparan Helmholtz yang disusun secara paralel dihubungkan ke multimeter dan kendali ESR yang berfungsi sebagai pengatur frekuensi dan terhubung ke osiloskop untuk menampilkan kurva resonansi. Alat ESR dipasang diantara kumparan Helmholtz yang terhubung ke pengendali ESR. Skema rangkaian ESR yang dijelaskan dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Rangkaian perangkat alat uji ESR (*Electron Spin Resonance*): (1) alat ESR; (2) unit kontrol ESR; (3) osiloskop; (4) multimeter; (5) solenoid; (6) kumparan Helmholtz.

Sebelum digunakan untuk uji sampel organ hati, dilakukan pengkalibrasian alat ESR menggunakan DPPH yang berfungsi untuk mengetahui keakurasian pengukuran. Tabung DPPH dimasukkan dalam kumparan RF dan diatur pada ESR. Beda fase dan frekuensi dari alat diatur hingga kurva berhimpitan membentuk huruf v.

Setelah dikalibrasi, ESR siap digunakan untuk menguji sampel organ hati. Sampel organ hati yang digunakan harus dalam keadaan segar. Sampel dimasukkan ke dalam tabung durham dan tabung tersebut dimasukkan ke dalam kumparan RF. Frekuensi diatur sedemikian rupa hingga membentuk kurva *Lissajous* hasil dari 2 gelombang yaitu gelombang RF dan gelombang deeksitasi yang terbentuk karena adanya medan magnet eksternal. Hasil dari uji sampel organ hati menggunakan ESR didapatkan besaran arus dan frekuensi yang kemudian data tersebut diolah untuk mencari jenis radikal bebas yang terkandung di dalam organ hati mencit.

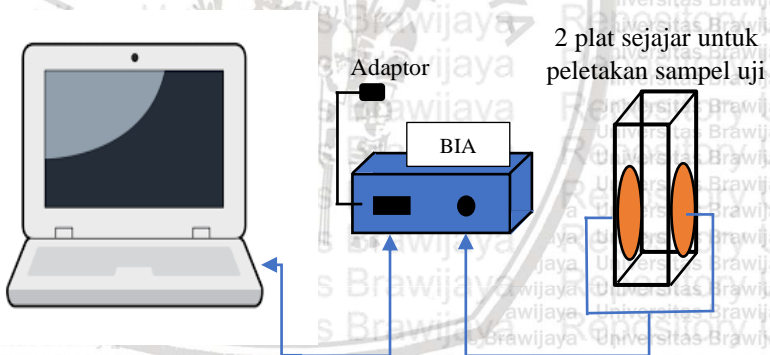
3.4.8 Uji Kelistrikan pada Organ Hati

Sifat kelistrikan pada organ hati mencit yang dipapar uap rokok elektrik dan antioksidan diukur besaran listriknya dengan alat BIA (*Bioimpedance Analysis*) yang dapat dilihat pada Gambar 3.6. Metode pengukurannya menggunakan dua plat sejajar yang teraliri arus listrik

dan keluarannya akan ditampilkan di dalam komputer. Penggunaan BIA yang digunakan untuk penelitian ini dapat dilihat skema rangkaiannya pada Gambar 3.7.



Gambar 3.6 Alat uji BIA (*Bioimpedance Analysis*)



Gambar 3.7 Skema perangkat alat uji BIA

Sebelum digunakan untuk uji sampel, BIA dikalibrasi terlebih dahulu dengan menggunakan rangkaian RC untuk mengetahui kesesuaian pengukuran. Setelah dikalibrasi, BIA siap untuk digunakan sebagai penguji sampel organ hati mencit. Sampel dipotong dengan ketebalan yang disesuaikan oleh jarak dua plat sejajar yaitu 2 mm dan dimasukkan diantara kedua plat tersebut. Rangkaian plat sejajar yang terhubung probe dipasang ke alat BIA. Hasil dari pengukuran dengan

alat BIA akan ditampilkan pada komputer dengan besaran listrik berupa impedansi, kapasitansi, dan resistansi. Besaran-besaran tersebut akan diolah untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap kelistrikan organ hati.

3.5 Analisa Data

3.5.1 Analisa Uji Mikroskopis Sel Hati

Data mikroskopis yang didapatkan dari perhitungan jumlah sel yang sehat maupun yang rusak dengan metode skoring dianalisis dengan melihat korelasi antara kerusakan pada organ hati dengan kelompok perlakuan pada penelitian ini. Kelompok perlakuan yang terdiri dari kelompok pemaparan uap rokok elektrik dan pemberian antioksidan dihitung persentase kerusakan sel hatinya dengan Persamaan 3.1 di bawah.

$$\%Kerusakan\ sel = \frac{\text{skor kerusakan tiap perlakuan}}{\text{skor total kerusakan semua perlakuan}} \times 100\% \quad (3.1)$$

Persentase kerusakan yang didapatkan dari masing-masing perlakuan dibentuk grafik yang akan menunjukkan hubungan antara kelompok perlakuan baik kelompok pemaparan uap rokok elektrik dan kelompok pemberian antioksidan dengan kerusakan sel hati mencit.

3.5.2 Analisa Uji Radikal Bebas pada Organ Hati

Data yang dihasilkan dari uji ESR yaitu berupa besaran arus dan frekuensi. Hasil nilai arus tersebut diolah untuk mendapatkan besar nilai medan magnet (B) dengan menggunakan persamaan 2.1. Setelah besar nilai medan magnet diketahui, dihitung dengan frekuensi yang didapatkan untuk mendapatkan nilai faktor-g dengan menggunakan Persamaan 2.2. Nilai faktor-g yang didapat akan dibandingkan dengan nilai faktor-g literatur untuk mengetahui jenis radikal bebas pada organ hati mencit.

3.5.3 Analisa Sifat Kelistrikan Organ Hati

Data yang dihasilkan dari uji kelistrikan yang menggunakan BIA menghasilkan data berupa nilai impedansi, resistansi dan kapasitansi dari sampel organ hati. Nilai impedansi dianalisis untuk

dikorelasikan hubungannya dengan besar kerusakan akibat paparan uap rokok elektrik dan penurunan kerusakan karena pemberian antioksidan. Nilai resistansi digunakan untuk mencari resistivitas organ hati dengan menggunakan persamaan 2.5 serta nilai kapasitansi digunakan untuk mencari permitivitas organ hati dengan menggunakan persamaan 2.4. Nilai-nilai tersebut dianalisis hubungannya dengan kerusakan organ hati akibat kelompok perlakuan.





[halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

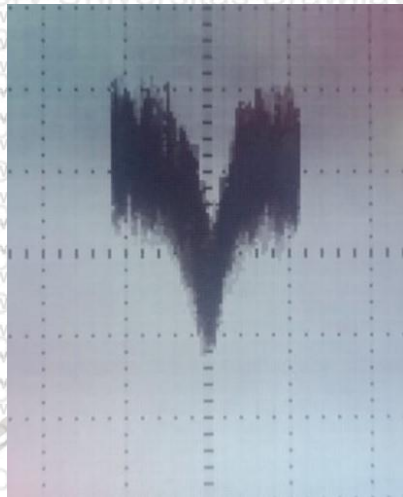
4.1 Kalibrasi Alat

Alat yang digunakan sebagai pendeteksi adanya radikal bebas dari paparan uap rokok elektrik dan pemberian antioksidan pada organ hati mencit pada penelitian ini yaitu ESR atau *Electron Spin Resonance* tipe Leybold-Heracus. Sebelum digunakan untuk pengambilan data, ESR dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan sampel acuan DPPH untuk mengukur keakuratan alat sebagai alat uji. DPPH atau *diphenyl picrylhydrazyl* merupakan radikal bebas yang bersifat stabil untuk kalibrasi ESR. Hasil dari kalibrasi ESR dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Kalibrasi DPPH

Frekuensi (MHz)	Arus (A)	Medan Magnet (T)	Faktor-g Literatur	Faktor-g Eksperimen	Faktor Kalibrasi
26,90	0,216	0,000914	2,0036	2,1026	0,9530

Nilai faktor-g DPPH yang tertera pada literatur yaitu 2,0036. Pada penelitian ini, nilai faktor-g hasil kalibrasi menggunakan DPPH yaitu 2,1026 sehingga didapatkan nilai dari faktor kalibrasi atau keakuratan yaitu sebesar 0,9530. Nilai faktor kalibrasi dinyatakan akurat jika nilai yang dihasilkan mendekati 1. Pada penelitian ini, nilai kalibrasi yang didapatkan 0,9530 sehingga dapat digunakan sebagai alat uji radikal bebas karena keakuratannya. Faktor kalibrasi ini digunakan untuk menunjukkan nilai faktor-g sesungguhnya dengan cara hasil pengambilan data dengan alat ESR dikalikan dengan faktor kalibrasi. Kurva kalibrasi alat ESR menggunakan DPPH pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Kurva Kalibrasi DPPH

4.2 Data Hasil Penelitian

4.2.1 Jumlah Semprotan Rokok Elektrik dan Dosis Antioksidan yang Diberikan pada Mencit

Jumlah paparan uap rokok elektrik yang diberikan pada mencit disesuaikan dengan ketahanan mencit. Dalam penelitian ini diambil variasi banyak penyemprotan masing-masing 5 kali, 10 kali, 15 kali, 20 kali, dan 25 kali selama 30 hari. Pengelompokan variasi jumlah semprot pada mencit ini dapat menentukan perbedaan kerusakan setiap tingkat variasinya.

Antioksidan yang digunakan pada penelitian ini yaitu kombinasi antioksidan dari kulit manggis, bawang dayak, jintan hitam dan daun sirsak yang dipilih berdasarkan tabulasi yang sudah dibuat. Kombinasi antioksidan tersebut dipilih karena menunjukkan kandungan antioksidan dan kandungan lainnya yang dapat melengkapi kebutuhan organisme hidup. Antioksidan diberikan dengan cara mengonversi dosis yang diterima oleh manusia ke dosis mencit menggunakan faktor konversi dosis manusia ke mencit sebesar 0,0026 (Nurliani, 2015) yang tertera pada Tabel 3.2. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa dosis antioksidan yang dapat diterima oleh

mencit adalah 5,58 mg; 8,775 mg; 11,7 mg; 14,625 mg; dan 17,55 mg dengan komposisi campuran ekstrak kulit manggis, bawang dayak, jintan hitam, dan daun sirsak sebagaimana yang sudah dijelaskan pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4 pada metodologi.

4.2.2 Jenis Radikal Bebas pada Organ Hati Mencit yang Terpapar Uap Rokok Elektrik dan Pemberian Antioksidan

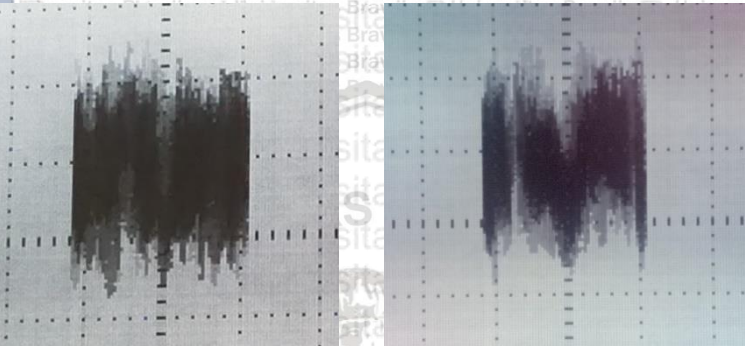
Identifikasi jenis radikal bebas ditentukan dengan menghitung faktor-g dari data hasil uji sampel dan nilai faktor-g tersebut dibandingkan dengan nilai faktor-g literatur. Perbandingan yang dilakukan tersebut untuk menentukan klasifikasi jenis radikal bebas yang ditemukan dari penelitian. Jenis radikal bebas yang teridentifikasi pada organ hati mencit adalah O_2^- baik pada perlakuan paparan uap rokok elektrik maupun pemberian antioksidan. Hasil identifikasi jenis radikal bebas pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Jenis radikal bebas yang teridentifikasi pada sampel.

Sampel	Faktor-g Eksperimen	Faktor-g Literatur	Jenis Radikal Bebas
Kontrol	1,5583	1,501-1,750	O_2^-
P1	1,6324	1,501-1,750	O_2^-
P2	1,657	1,501-1,750	O_2^-
P3	1,6713	1,501-1,750	O_2^-
P4	1,5689	1,501-1,750	O_2^-
P5	1,53	1,501-1,750	O_2^-
AO1	1,5388	1,501-1,750	O_2^-
AO2	1,5416	1,501-1,750	O_2^-
AO3	1,623	1,501-1,750	O_2^-
AO4	1,7374	1,501-1,750	O_2^-
AO5	1,5147	1,501-1,750	O_2^-

Kurva dari alat ESR dapat menemukan kerusakan karena adanya kandungan radikal bebas yang terdapat pada sampel hati

mencit dengan melihat cekungan yang terbentuk. Semakin dalam cekungan yang terbentuk pada kurva maka semakin banyak kandungan radikal bebas yang teridentifikasi. Perbandingan kurva yang terbentuk antara kelompok kontrol dan kelompok perlakuan baik penyemprotan maupun pemberian antioksidan ditunjukkan pada Gambar 4.4.

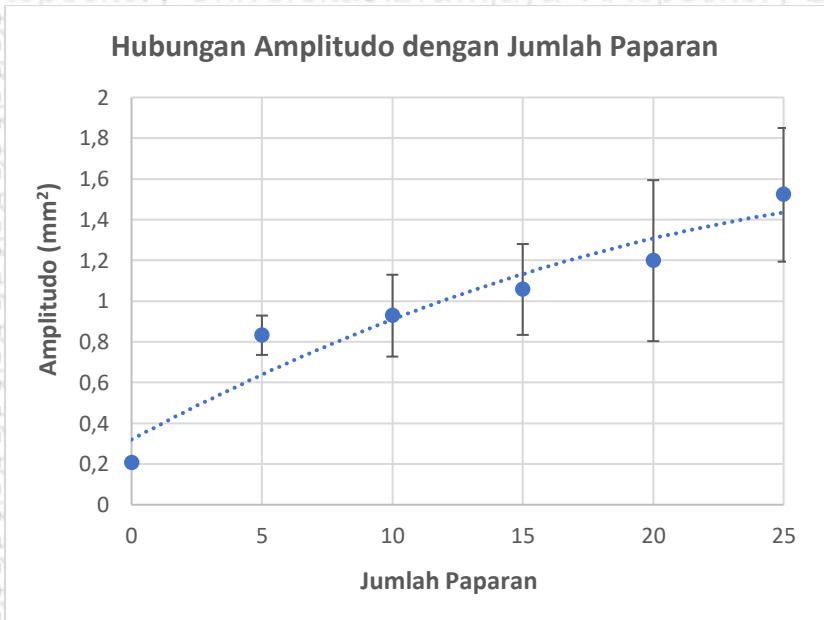


Gambar 4.2 (a) Kurva kelompok kontrol (b) kurva kelompok perlakuan

Kurva yang terbentuk pada alat ESR disebut dengan kurva *lissajous* yang terbentuk dari resonansi elektron dari sampel dan gelombang elektromagnetik dari alat. Kurva *lissajous* merupakan hasil pemetaan dua gelombang sinusoidal dengan luas kurva menggambarkan besar amplitudo masing-masing gelombang. Amplitudo besarnya sebanding dengan kuadrat dari intensitas sehingga semakin besar amplitudo yang terukur dari sampel uji maka kandungan radikal bebasnya semakin besar pula.

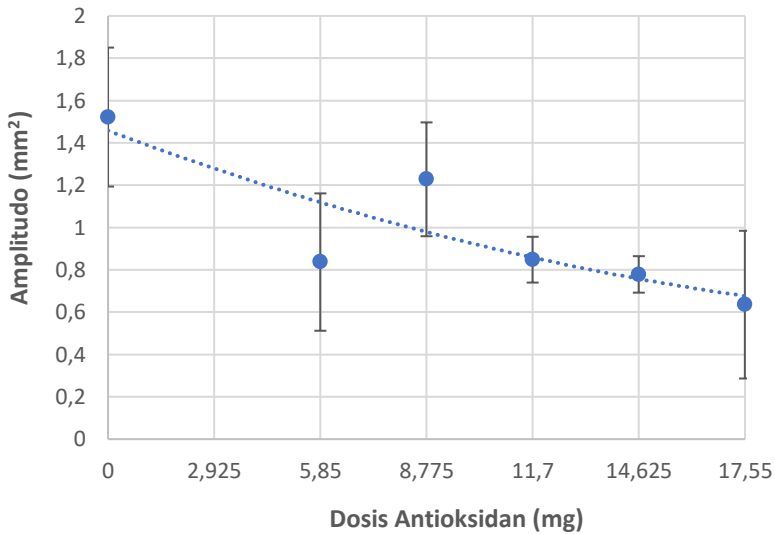
Pada penelitian ini perubahan luas kurva menunjukkan perubahan amplitudo radikal bebas akibat kelompok perlakuan. Pada perlakuan paparan uap rokok elektrik radikal bebas, grafik yang tertera pada Gambar 4.2 menunjukkan peningkatan kandungan radikal bebas seiring dengan banyaknya jumlah paparan uap yang diberikan pada mencit. Namun pada kelompok kontrol terukur kandungan radikal bebas yang disebabkan oleh faktor lingkungan saat penelitian maupun terbentuk dalam metabolisme tubuh. Sedangkan untuk perlakuan

pemberian dosis antioksidan, grafik menunjukkan penurunan kandungan radikal bebas seiring tingginya pemberian antioksidan. Namun ditemukan pada dosis 5,58 mg (AO1), kandungan radikal yang diukur lebih sedikit dibandingkan dengan dosis lainnya. Hal ini dikarenakan menciit pada AO1 terasumsikan lebih sehat dibandingkan dengan kelompok lain, sehingga kandungan radikal bebas yang terukur sedikit jika dibandingkan dengan pemberian antrioksidan yang lainnya.



Gambar 4.3 Grafik hubungan jumlah paparan terhadap amplitudo kurva ESR dengan persamaan korelasi ($y = -0,0239x^2 + 0,3901x - 0,0462$, Koefisien Relasinya $R^2 = 0,9214$).

Hubungan Amplitudo dengan Dosis Antioksidan

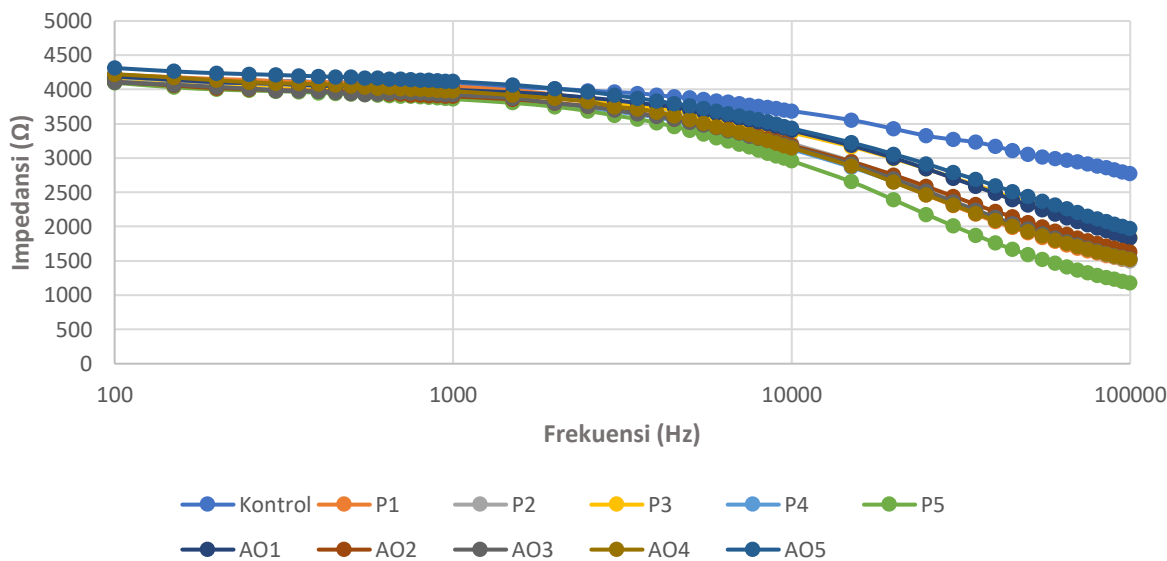


Gambar 4.4 Grafik hubungan dosis antioksidan terhadap amplitudo kurva ESR dengan persamaan korelasi ($y = 0,0155x^2 - 0,2512x + 1,6184$, Koefisien Relasinya $R^2 = 0,6597$).

4.2.3 Pengaruh Uap Rokok Elektrik dan Antioksidan terhadap Nilai Impedansi Listrik

Data impedansi yang dihasilkan dari pengukuran sampel organ hati mencit dianalisis dengan dibuat grafik impedansi terhadap frekuensi dari rentang 100 Hz sampai 100 kHz. Hasil analisis dari data grafik yang tertera pada Gambar 4.5 menunjukkan bahwa semakin tinggi frekuensi yang diberikan maka nilai impedansi yang dihasilkan akan semakin menurun. Faktor penurunan tersebut disebabkan karena pada besaran impedansi terdiri dari resistansi dan reaktansi kapasitif dimana besaran kapasitif dipengaruhi oleh frekuensi (Putri et al., 2017).

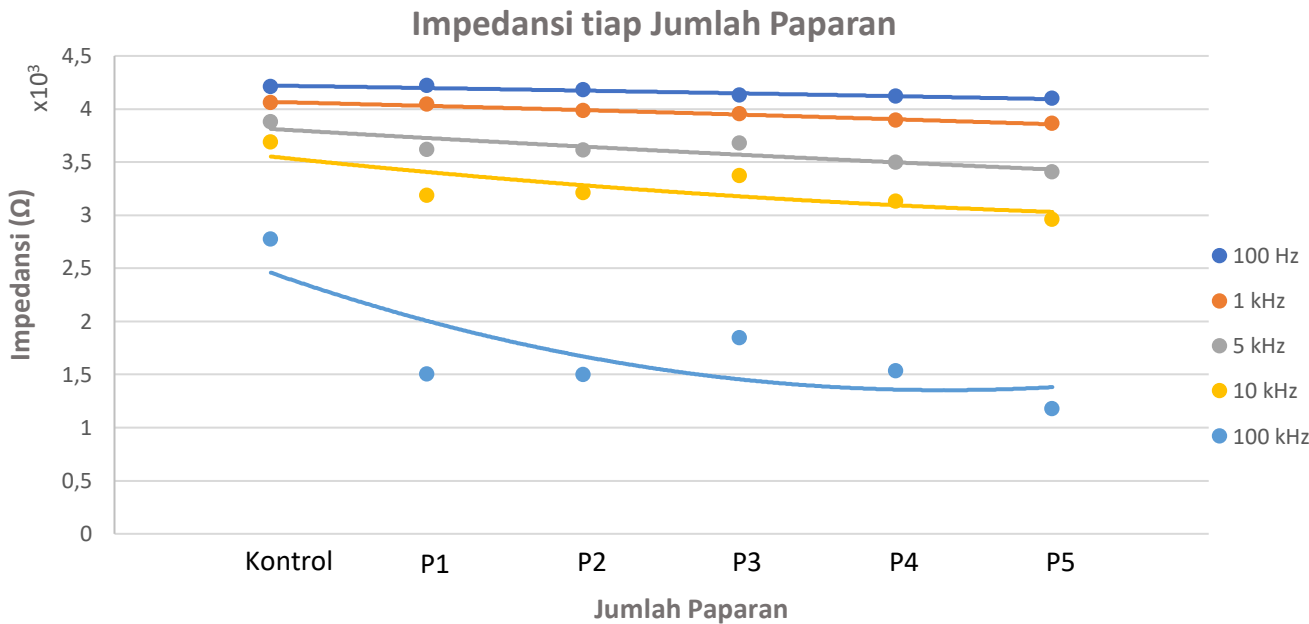
Pengaruh Frekuensi terhadap Impedansi



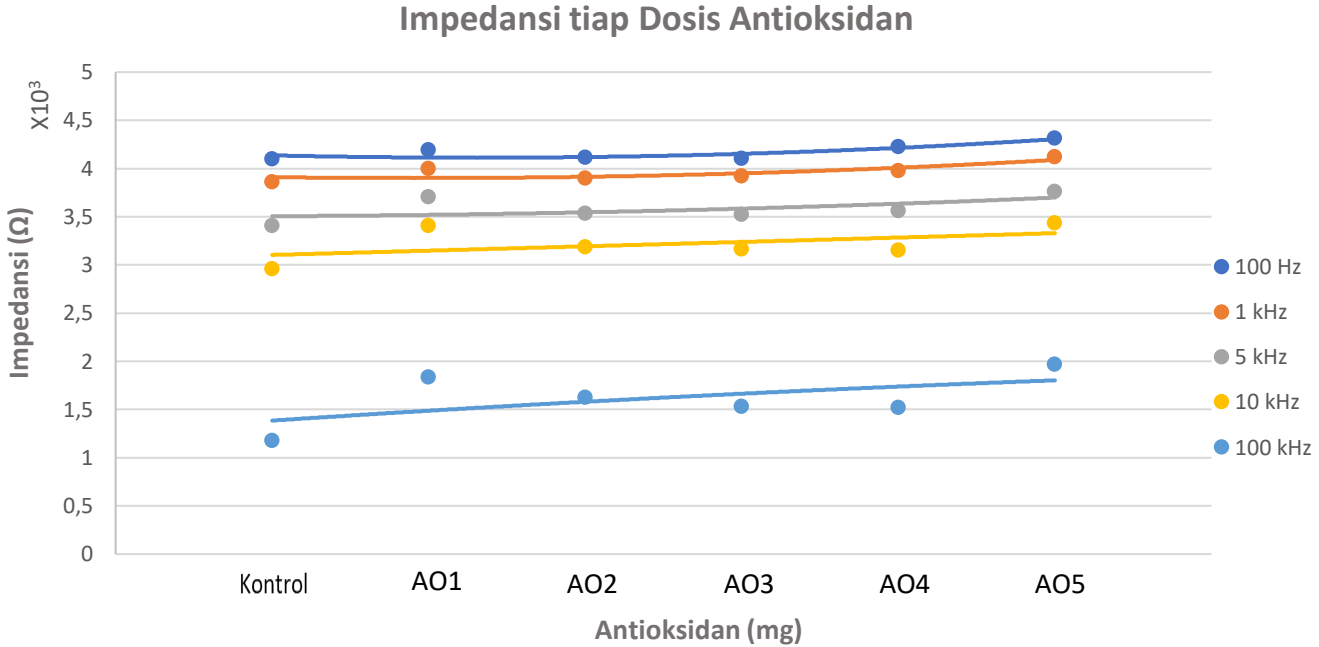
Gambar 4.5 Grafik hubungan frekuensi terhadap impedansi

Pengaruh kelompok perlakuan yang diberikan terhadap nilai impedansi dari hati mencit dapat dianalisis secara jelas dengan membuat grafik hubungan kelompok perlakuan pemaparan uap rokok elektrik dan pemberian antioksidan terhadap nilai impedansi organ hati mencit yang ditampilkan pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7. Dari grafik yang dipaparkan tersebut digunakan frekuensi efektif yang mana pada pengukuran impedansi organ hati mencit yaitu frekuensi 1 kHz karena lebih jelas perbedaan tiap perlakuannya dan kurva yang ditampilkan lebih stabil pada pemberian variasi kelompok perlakuan serta menunjukkan persamaan korelasi ($y = -1,1723x^2 - 34,009x + 4102,5$), koefisien relasinya ($R^2 = 0,9869$) untuk kelompok paparan dan persamaan korelasi ($y = -y = 11,278x^2 - 43,203x + 3942,2$), koefisien relasinya ($R^2 = 0,659$) untuk kelompok antioksidan.

Grafik pada perlakuan jumlah paparan dapat dilihat pada Gambar 4.6 menunjukkan penurunan nilai impedansi seiring dengan banyaknya jumlah paparan uap rokok elektrik pada mencit. Sedangkan pada kelompok pemberian dosis antioksidan yang mana grafik dapat dilihat pada Gambar 4.7 menunjukkan peningkatan nilai impedansi seiring dengan tingginya dosis antioksidan. Namun ditemukan pada dosis 5,85 mg (AO1) nilai impedansi lebih tinggi dibandingkan dengan 8,775 mg (AO2) dan dosis 11,7 mg (AO3). Hal ini disebabkan mencit pada AO1 terasumsikan lebih sehat dibandingkan dengan kelompok lain, sehingga nilai impedansi yang terukur juga lebih tinggi.



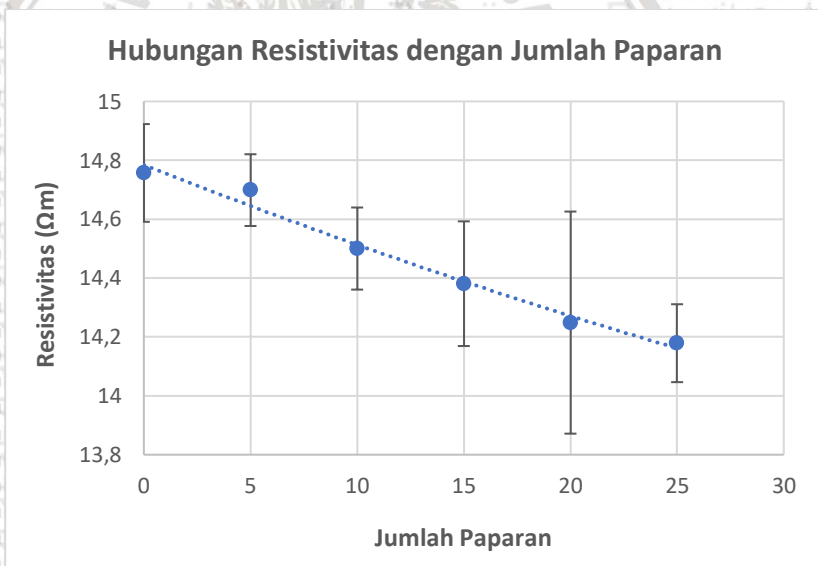
Gambar 4.6 Grafik hubungan antara jumlah paparan uap rokok elektrik terhadap nilai impedansi organ hati dipengaruhi oleh pemberian variasi frekuensi



Gambar 4.7 Grafik hubungan antara dosis antioksidan terhadap nilai impedansi organ hati dipengaruhi oleh pemberian variasi frekuensi

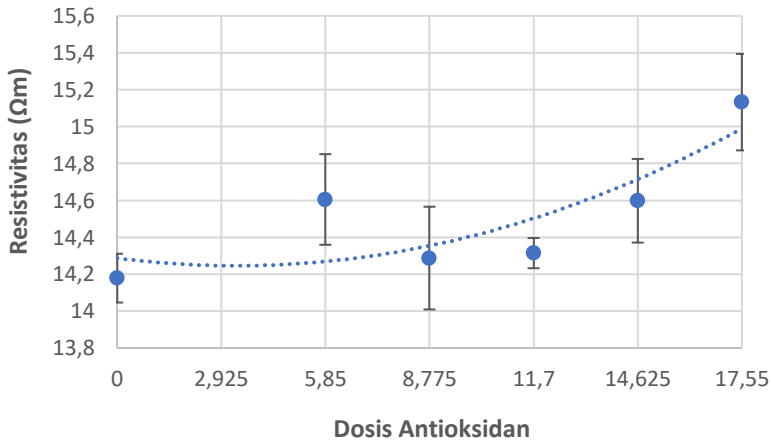
4.2.4 Pengaruh Up Rokok Elektrik dan Antioksidan terhadap Nilai Resistivitas

Nilai resistivitas organ hati mencit dianalisis dengan membuat grafik hubungan kelompok perlakuan dengan nilai resistivitas organ hati. Pada kelompok perlakuan banyak semprot rokok elektrik pada Gambar 4.8 didapat nilai resistivitas menurun seiring dengan jumlah semprot yang diberikan. Sedangkan untuk kelompok perlakuan pemberian dosis antioksidan pada Gambar 4.9 menunjukkan grafik meningkat naik pada dosis 8,775 mg (AO2) sampai dosis 17,55 mg (AO5). Namun pada dosis 5,58 mg (AO1) nilai resistivitas yang teramati lebih tinggi jika dibandingkan dengan dosis AO2, AO3 dan AO4. Hal ini disebabkan mencit pada AO1 terasumsikan lebih sehat dibandingkan dengan kelompok lain, sehingga nilai resistivitas yang terukur juga lebih tinggi.



Gambar 4.8 Grafik hubungan jumlah paparan terhadap resistivitas dengan persamaan korelasi ($y = 0,0001x^2 - 0,0286x + 14,785$), koefisien relasinya ($R^2 = 0,9831$).

Hubungan Resistivitas dengan Dosis Antioksidan

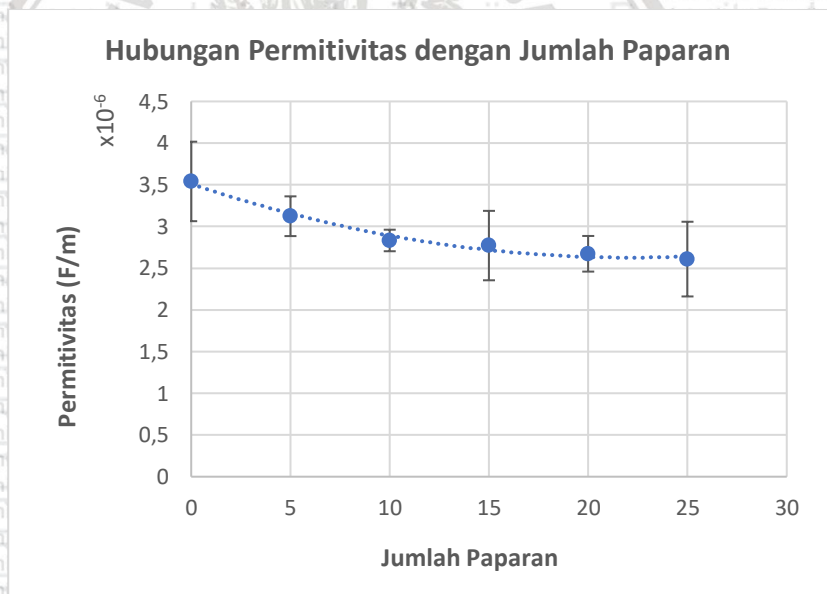


Gambar 4.9 Grafik hubungan dosis antioksidan terhadap resistivitas dengan persamaan korelasi ($y = 0,0037x^2 - 0,0247x + 14,287$), koefisien relasinya ($R^2 = 0,6692$).

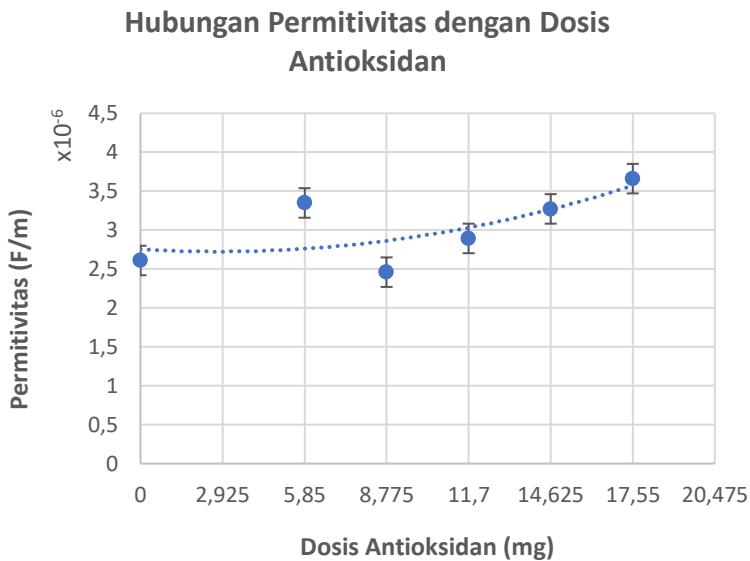
Dari analisis grafik kelompok perlakuan pemaparan dan pemberian antioksidan didapati gambaran bahwa semakin banyak jumlah uap rokok elektrik yang dipaparkan maka semakin rendah nilai resistivitas organ hati mencit. Sedangkan semakin tinggi dosis antioksidan yang diberikan maka semakin tinggi pulanilai resistivitasnya. Hal ini dikarenakan resistivitas pada suatu jaringan menggambarkan kemampuan sel sebagai penghambur aliran arus. Jika didapati membran sel mengalami kerusakan maka akan menunjukkan terjadinya kebocoran arus yang berakibat pada penurunan nilai resistivitas (Ghoshal et al., 2017).

4.2.5 Pengaruh Up Rokok Elektrik dan Antioksidan terhadap Nilai Permittivitas

Nilai permittivitas organ hati mencit dianalisis dengan membuat grafik hubungan kelompok perlakuan dengan nilai permittivitas organ hati. Pada kelompok perlakuan jumlah paparan rokok elektrik pada Gambar 4.8 didapati nilai permittivitas menurun seiring dengan banyaknya jumlah paparan yang diberikan. Sedangkan untuk kelompok perlakuan pemberian dosis antioksidan pada Gambar 4.9 menunjukkan grafik meningkat naik pada dosis 8,775 mg (AO2) sampai dosis 17,55 mg (AO5). Namun pada dosis 5,58 mg (AO1) nilai permittivitas yang teramati lebih tinggi jika dibandingkan dengan dosis AO2, AO3 dan AO4. Hal ini disebabkan mencit pada AO1 terasumsikan lebih sehat dibandingkan dengan kelompok lain, sehingga nilai permittivitas yang terukur juga lebih tinggi.



Gambar 4.10 Grafik hubungan jumlah paparan terhadap permittivitas dengan persamaan korelasi ($y = 2 \times 10^{-9} x^2 - 8 \times 10^{-8} x + 4 \times 10^{-6}$), koefisien relasinya ($R^2 = 0,9824$).



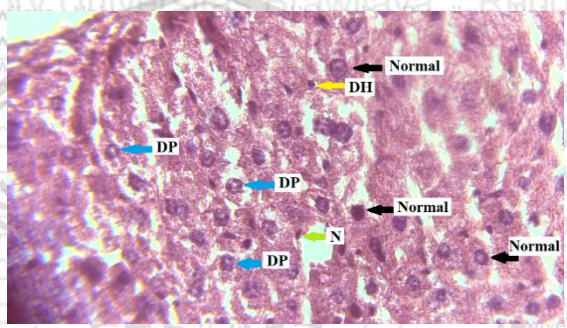
Gambar 4.11 Grafik hubungan dosis antioksidan terhadap permittivitas dengan persamaan korelasi ($y = 4 \times 10^{-9} x^2 - 2 \times 10^{-8} x + 3 \times 10^{-6}$), koefisien relasinya ($R^2 = 0,4834$).

Dari grafik yang sudah dibentuk dapat digambarkan jika semakin banyak kerusakan sel pada organ hati mencit maka semakin rendah nilai permittivitasnya sedangkan semakin sehat sel yang ada maka semakin tinggi nilai permittivitasnya.

4.2.6 Gambaran Mikroskopis dari Sel Hati Mencit yang Terpapar Uap Rokok Elektrik dan Pemberian Antioksidan

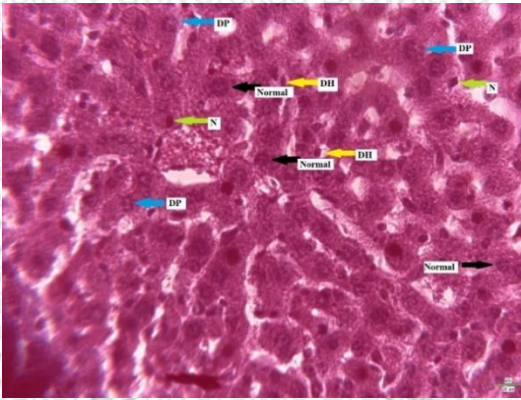
Hasil mikroskopis sel hati mencit dapat dilihat kerusakannya dari perbandingan jumlah sel normal dengan sel yang rusak akibat paparan rokok elektrik. Pengamatan yang dilakukan pada hati mencit yaitu dengan melihat perubahan pada parenkim hati meliputi degenerasi parenkimatososa, degenerasi hidropik, dan nekrosis. Pada

perlakuan kelompok kontrol pada Gambar 4.12 dengan perbesaran 400x ditemukan kerusakan sel walaupun sel normal pada kelompok kontrol lebih banyak dibandingkan dengan kelompok perlakuan lainnya. Adanya kerusakan pada kelompok kontrol disebabkan oleh faktor eksternal seperti lingkungan sekitar saat penelitian dan faktor ketahanan mencit karena mencit yang digunakan tidak melihat apakah kondisi sebelumnya sehat atau sakit. Keterangan pada gambaran mikroskois yaitu DP = degenerasi parenkimatosa, DH = degenerasi hidropik, dan N = Nikrosis.

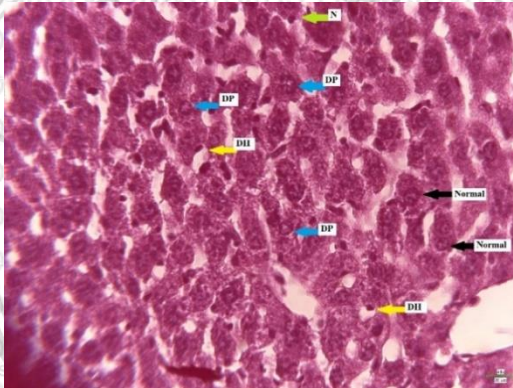


Gambar 4.12 Gambar mikroskopis sel hepar kelompok kontrol (tanpa perlakuan)

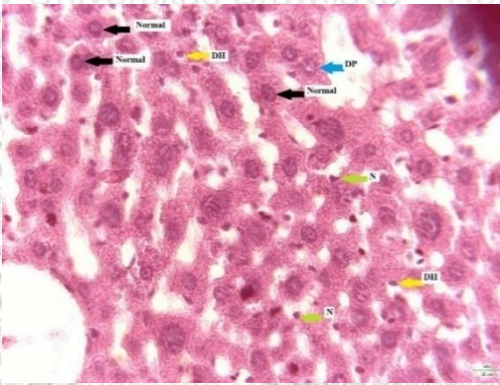
Gambaran mikroskopis sel organ hati mencit untuk kelompok perlakuan banyaknya jumlah paparan rokok elektrik sebanyak 5 kali (P1) ditunjukkan pada Gambar 4.13, sebanyak 10 kali (P2) pada Gambar 4.14, sebanyak 15 kali (P3) pada Gambar 4.15, sebanyak 20 kali (P4) pada Gambar 4.16, dan sebanyak 25 kali pada Gambar 4.17. Pada kelompok banyaknya paparan terlihat kerusakan semakin meningkat dengan seiring penambahan jumlah semprotan. Sel sehat yang ditemukan pun semakin berkurang.



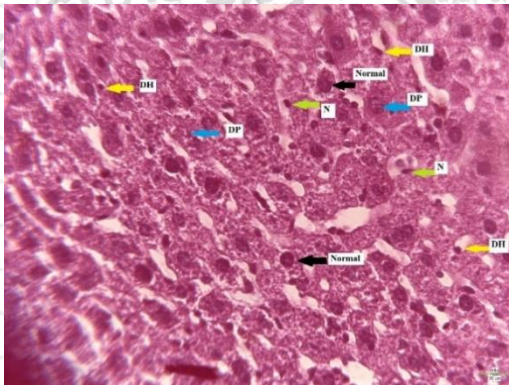
Gambar 4.13 Gambar mikroskopis sel hepar kelompok P1



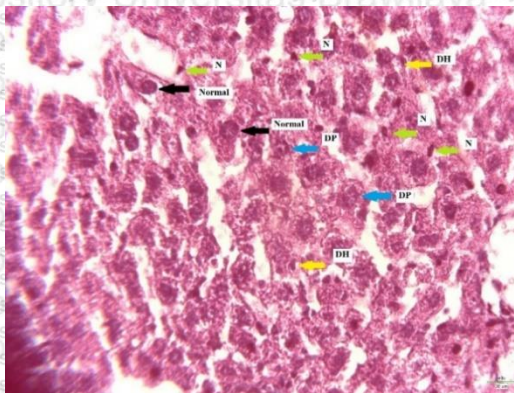
Gambar 4.14 Gambar mikroskopis sel hepar kelompok P2



Gambar 4.15 Gambar mikroskopis sel hepar kelompok P3

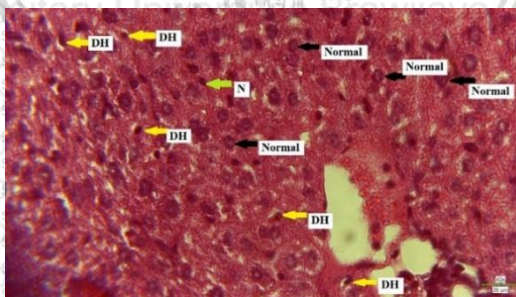


Gambar 4.16 Gambar mikroskopis sel hepar kelompok P4

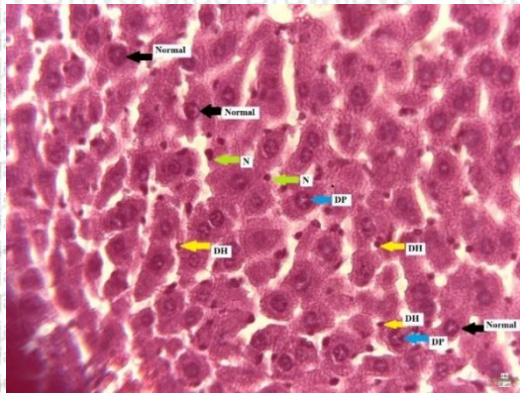


Gambar 4.17 Gambar mikroskopis sel hepar kelompok P5

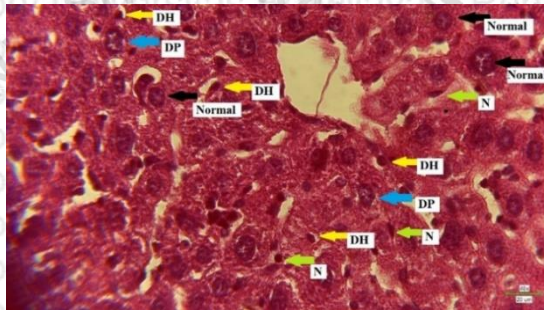
Sedangkan gambaran mikroskopis sel organ hati mencit untuk kelompok perlakuan pemberian antioksidan dengan dosis 5,58 mg (AO1) ditunjukkan pada Gambar 4.19, dosis 8,775 mg (AO2) pada Gambar 4.20, dosis 11,7 mg pada Gambar 4.21, dosis 14,625 mg (AO4) pada Gambar 4.22 dan dosis 17,55 mg (AO5) pada Gambar 4.23 di bawah. Pada kelompok pemberian dosis antioksidan terlihat jika sel-sel hati yang terpapar dengan jumlah maksimal ditemukan semakin sedikit seiring dengan tingkatan dosis yang diberikan pada mencit.



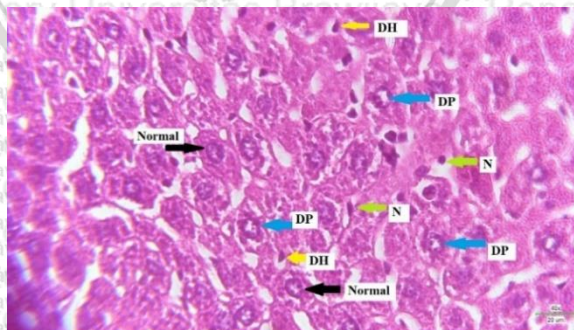
Gambar 4.18 Gambar mikroskopis sel hepar kelompok AO1



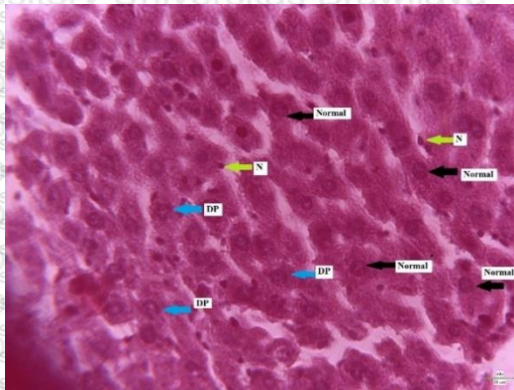
Gambar 4.19 Gambar mikroskopis sel hepar kelompok AO2



Gambar 4.20 Gambar mikroskopis sel hepar kelompok AO3

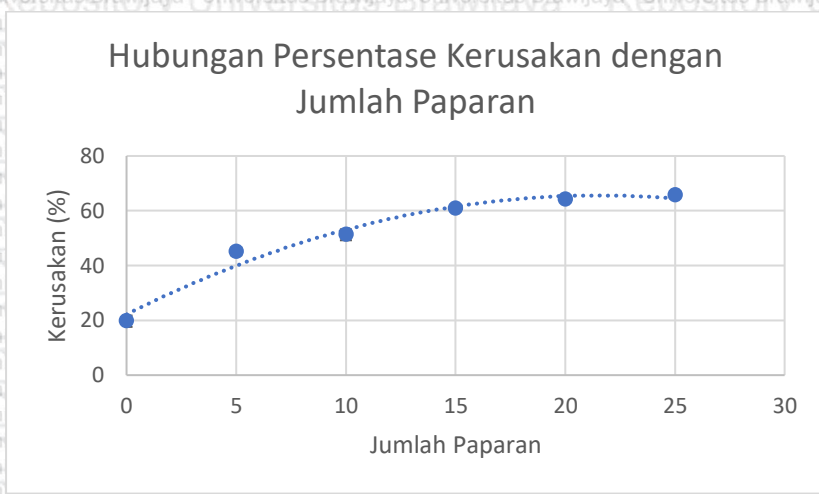


Gambar 4.21 Gambar mikroskopis sel hepar kelompok AO4

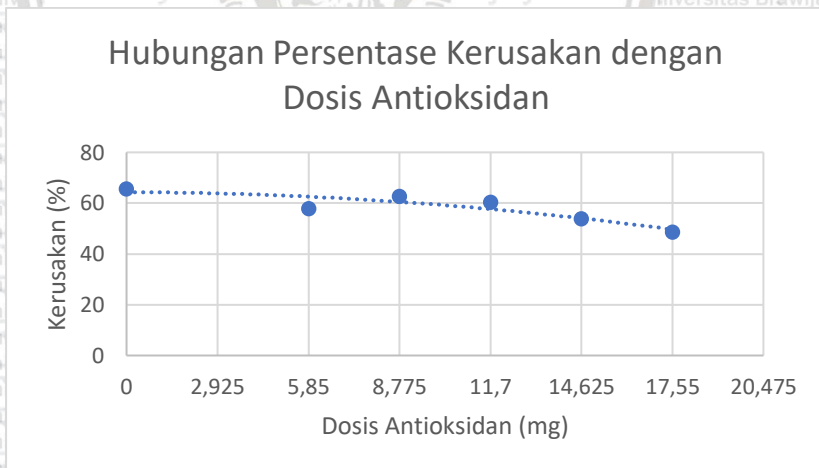


Gambar 4.22 Gambar mikroskopis sel hepar kelompok AO5

Gambaran mikroskopis yang dipaparkan di atas menunjukkan jika semakin banyak jumlah paparan uap rokok elektrik yang dipaparkan pada mencit maka sel hati yang teramati semakin rusak. Hal ini ditinjau lagi dengan grafik perbandingan kerusakan yang disebabkan oleh paparan rokok elektrik yang dapat dilihat pada Gambar 4.18. Gambar tersebut menunjukkan bentuk grafik mengalami kenaikan seiring bertambah jumlah semprot yang diberikan. Sedangkan sel yang rusak pada kelompok pemberian antioksidan yang ditemukan semakin sedikit menandakan jika dosis yang diberikan akan membenahi sel-sel yang rusak akibat paparan. Sel-sel hati yang rusak akan semakin sedikit seiring tingkatan dosis antioksidan yang diberikan. Hal ini dapat didukung dengan bentuk grafik perbandingan kerusakan sel hati mencit dengan tingkatan dosis antioksidan yang terdapat pada Gambar 4.24. grafik tersebut menunjukkan penurunan seiring bertambahnya tingkatan dosis antioksidan yang diberikan. Namun didapati pada dosis 5,85 mg (AO1) kerusakan yang ditimbulkan lebih sedikit dibandingkan dengan dosis 8,775 mg (AO2). Hal ini disebabkan mencit pada AO1 terasumsikan lebih sehat dibandingkan dengan kelompok lain, sehingga kerusakan yang ditimbulkan tidak banyak.



Gambar 4.23 Grafik hubungan antara jumlah paparan terhadap persentase kerusakan sel organ hati dengan persamaan korelasi ($y = -0,0934x^2 + 4,0283x + 22,159$), koefisien relasinya ($R^2 = 0,9733$).



Gambar 4.24 Grafik hubungan dosis antioksidan terhadap persentase kerusakan sel organ hati dengan persamaan korelasi ($y = -0,0458x^2 - 0,0356x + 64,321$), koefisien relasinya ($R^2 = 0,8102$).

Data yang dihasilkan dari uji mikroskopis sel hati mencit yaitu dengan penilaian kerusakan dengan metode *Manja Roenigk*. Jika sel hati dalam keadaan normal mendapat skor 1, jika mengalami kerusakan seperti degenerasi parenkimatososa mendapat skor 2, degenerasi hidropik dengan skor 3 dan nekrosis mendapatkan skor 4 (Insani et al., 2015).

4.3 Pembahasan

4.3.1 Kerusakan Sel Organ Hati

Hati yang rusak disebabkan oleh beberapa hal salah satunya yaitu zat karsinogen dari uap rokok elektrik yang masuk kedalam tubuh secara berlebihan. Kerusakan hati akibat zat toksik dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis zat kimia, pemberian dosis, dan jangka waktu berapa lama zat tersebut diberikan. Jika konsentrasi paparan uap rokok elektri yang diberikan semakin tinggi maka respon toksisitas yang terjadi akan semakin besar (Fahmi et al., 2015). Zat toksik jika mengumpul secara terus-menerus dalam hati akan berakibat terjadinya degenerasi sel hati maupun kerusakan serius seperti kematian sel. Kerusakan hati akibat penumpukan zat beracun ini akan berakibat pada aktivitas hati untuk detoksifikasi akan terhambat (A. P. Nugraha, Isdadiyanto, & Tana, 2018).

Pengamatan histopatologi dengan mikroskopis degenerasi sel. Degenerasi parenkimatososa terjadi akibat proses oksidasi yang tidak berjalan sesuai dapat menyebabkan penimbunan air di dalam sel karena transportasi ion yang terganggu. Terganggunya transportasi ion tersebut berakibat pada pembengkakan sel dan terdapat penumpukan endapan protein di dalam sitoplasma (A. S. Nugraha, Hadi, & Siwi, 2015). Degenerasi parenkimatososa tergolong degenerasi reversibel atau degenerasi yang masih ringan. Peningkatan kadar air di dalam sel akan berakibat terjadinya degenerasi hidropik. Degenerasi hidropik bersifat reversibel dan bisa menjadi irreversibel apabila penyebab cedera masih ada. Pada degenerasi hidropik ditemukan vakuola sel berisi air di dalam sitoplasma yang tidak terdapat lemak ataupun glikogen (Insani et al., 2015).

Penumpukan zat beracun pada hati akibat uap rokok elektrik juga akan menimbulkan degenerasi sel yang bersifat menetap atau irreversibel. Degenerasi sel yang berlangsung menetap akan berakibat pada aktivitas sel yang tidak berfungsi dan berujung pada kematian sel atau nekrosis sel (A. S. Nugraha et al., 2015). Perubahan bentuk akibat nekrosis sel pada mikroskopis terlihat inti mengalami kekeriputan dan inti terlihat padan dengan warna yang gelap pekat (Fahmi et al., 2015).

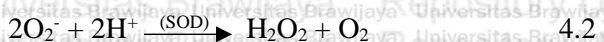
4.3.2 Pembentukan Radikal Bebas pada Organ Hati dari Kandungan Uap Rokok Elektrik

Tubuh pada dasarnya dapat memproduksi radikal bebas dari proses metabolisme dalam mitokondria. Pada proses metabolisme oksidatif terjadi kebocoran elektron yang berakibat pada terbentuknya oksigen reaktif. Radikal spesies oksidatif yang dihasilkan dari tubuh yaitu jenis radikal anion superoksida (O_2^-) yang mana radikal tersebut ditemukan dalam penelitian ini (Yuslianti, 2018).

Anion superoksida terbentuk karena adanya proses transpor elektron dengan aseptor oksigen yang mengalami kebocoran, sehingga molekul oksigen menerima elektron reaktif yang akan menstabilkan diri dengan mengganggu susunan molekul yang lainnya. Reaksi terbentuknya anion superoksida secara umum dapat dilihat pada Persamaan 4.1. (Sinaga, 2016).



Anion superoksida dalam tubuh secara normal dapat distabilkan oleh superoksid dismutase (SOD). Radikal tersebut dikatalis oleh SOD menjadi hidrogen peroksida yang terjadi dengan cepat dan spontan (Yuslianti, 2018). Reaksi pengkatalisan O_2^- dapat dilihat pada Persamaan 4.2. Agar tidak berujung pada perusakan membran sel, hidrogen peroksida (H_2O_2) yang terbentuk akan diuraikan dengan enzim-enzim lainnya (Nimse & Pal, 2015).

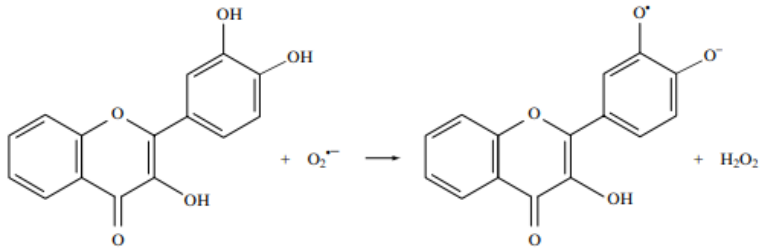


Pada penelitian ini terdapat zat karsinogen yang berasal dari uap rokok elektrik akan masuk dan menumpuk pada organ hati. Salah satu zat karsinogen yang berbahaya yaitu formaldehid hasil pemanasan dietil glikol yang berkontribusi akan terbentuknya ROS dalam tubuh. ROS atau reaksi oksidatif akan terbentuk secara berlebih karena sifat dari formaldehid yang sangat reaktif berakibat pada ketidakmampuan enzim untuk meredam karena jumlahnya yang tidak seimbang (Mahdi, 2010).

Kondisi stres oksidatif timbul akibat ketidakseimbangan antioksidan dan radikal bebas yang ada. Banyaknya radikal oksigen reaktif akan memicu radikal tersebut cenderung untuk mengganggu gugus lain, sehingga gugus tersebut menjadi radikal baru. Ketidakstabilan radikal bebas baru tersebut akan mengambil elektron dari molekul lain dan akan terus menerus hingga membentuk reaksi radikal berantai. Reaksi radikal berantai ini menyebabkan kerusakan sel (Yuslianti, 2018). Kerusakan membran akibat radikal peroksidasi lemak yang terbentuk akibat reaksi asam lemak dengan oksigen reaktif memicu terbentuknya radikal bebas baru (Lobo, Patil, Phatak, & Chandra, 2010).

4.3.3 Mekanisme Antioksidan dalam Menetralkan Radikal Bebas

Salah satu kandungan antioksidan yang terkandung di dalam sayur dan buah yang digunakan pada penelitian ini yaitu flavonoid. Flavonoid merupakan senyawa fenol sebagai pereduksi radikal bebas dan dikenal sebagai salah satu antioksidan alami (Yuslianti, 2018). Flavonoid mampu mencegah pembentukan peroksidasi lipid sehingga rantai radikal bebas dapat dihambat. Flavonoid akan menjadi akseptor radikal bebas sehingga menghambat reaksi rantai radikal bebas pada oksidasi lipid (Robert et al., 2018). Penstabilan O_2^- (anion superoksida) karena pendonoran atom hidrogen menghasilkan radikal flavonoid yang bersifat stabil dan hidrogen peroksida yang bersifat kurang reaktif dapat dilihat pada Gambar 4.25 (Denisov & Afanas'ev, 2005).



Gambar 4.25 Reaksi flavonoid dengan anion superoksida

Kestabilan radikal antioksidan terjadi karena adanya proses resonansi pada struktur cincin aromatiknya, sehingga radikal tersebut sulit untuk bereaksi (Astuti, 2008). Penghambatan produksi tersebut dapat menekan terjadinya kerusakan pada jaringan hati mencit yang terdapat radikal anion superoksida ($O_2^{\bullet -}$) (Syam, 2016).

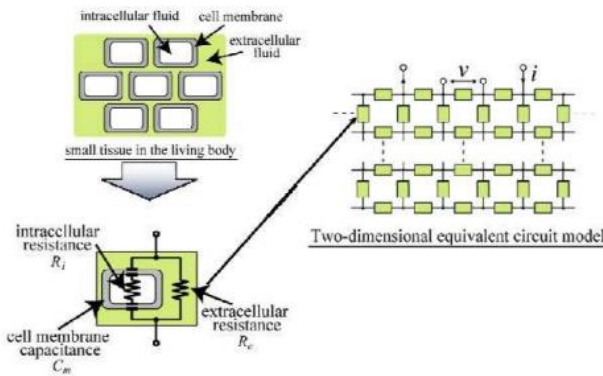
4.3.4 Hubungan Perlakuan Antioksidan dengan Sifat Kelistrikan Organ Hati

Besaran kelistrikan dalam suatu jaringan mampu menyatakan kondisi dari suatu jaringan tersebut. Pada penelitian ini digunakan besaran listrik mulai dari impedansi, resistivitas dan permitivitas untuk menganalisis kondisi dari organ hati mencit. Hasil penganalisisan menyatakan jika kerusakan organ hati yang disebabkan oleh radikal bebas didapati menurun maka nilai impedansi, resistivitas dan permitivitas dari organ hati akan bernilai tinggi.

Resistivitas merupakan ukuran kemampuan suatu bahan untuk menghambat aliran arus listrik. Jika pada suatu bahan memiliki resistivitas tinggi maka arus yang melewatinya akan terhambat dengan baik (Dayattullah, Supriyanto, Lepong, Rinaldi, & Alam, 2018). Nilai resistivitas pada organ hati mencit diketahui menurun karena adanya kandungan radikal anion superoksida dalam organ hati. Beberapa faktor yang mempengaruhi nilai resistivitas yaitu keadaan dari membran sel dan pergerakan ion maupun muatan yang ada pada organ hati mencit. Membran sel jika dalam keadaan sehat maka kemampuan

untuk menghambat transfer ion-ion bermuatan dengan baik sehingga kemungkinan untuk meloloskan ion bermuatan tersebut rendah. Sedangkan pada membran sel yang didapati rusak tidak dapat menghambat secara baik mobilitas ion-ion bermuatan (Ghoshal et al., 2017). Nilai resistivitas yang rendah pada organ hati mencit terjadi pada membran sel dalam kondisi rusak akibat kandungan radikal anion superoksida di dalamnya.

Membran sel tersusun dari protein dan *bilayer lipids* yang memiliki sifat hidrofobik dan hidrofilik. Peranan dari membran sel sendiri yaitu untuk membatasi cairan luar sel dan dalam sel yang terdiri dari ion-ion garam bersifat konduktor. Dari kemampuan untuk membatasi tersebut jika pada sifat kelistrikan diibaratkan sebagai kapasitor (Putri et al., 2017). Membran sel digambarkan sebagai rangkaian paralel kapasitor dan resistor yang dapat dilihat pada Gambar 4.26.

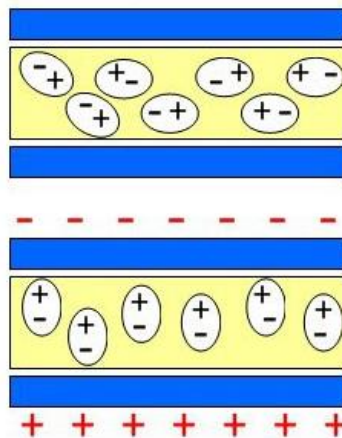


Gambar 4.26 Gambaran rangkaian listrik pada tubuh (Pandya, Arimoto, Agarwal, & Kinouchi, 2010)

Apabila terjadi kerusakan pada membran akan berpengaruh terhadap nilai kapasitansi (C) dan resistansi (R) sama seperti pada penelitian. Nilai C dan R akan berpengaruh juga pada impedansi yang disebut dengan hambatan total. Nilai impedansi sel yang terdiri dari resistansi dan reaktansi kapasitif yang mana reaktansi ini dipengaruhi

oleh frekuensi. Jika suatu sel organ hati mengalami penurunan kualitasnya maka nilai impedansi yang terukur rendah dan sebaliknya (Pandya et al., 2010). Ketika radikal bebas berinteraksi dengan sel maka akan berakibat pada kerusakan sel ataupun membran sel. Kerusakan yang diakibatkan oleh radikal bebas akan berpengaruh pada kapasitor dan resistor yang tidak menjalankan perannya dengan baik sehingga berdampak pada nilai besaran R dan C secara otomatis juga pada nilai hambatan total (Putri et al., 2017).

Penurunan nilai permitivitas pada organ hati mencit karena rendahnya tingkat polarisasi dalam sel akibat radikal anion superoksida. Permittivitas dipengaruhi oleh momen dipol, jumlah sel sehat dan medan listrik eksternal. Tingginya tingkat polarisasi ditentukan dengan besaran momen dipol. Polarisasi yaitu proses pengutupan muatan positif dan negatif dalam bahan dielektrik dapat dilihat pada Gambar 4.27. Mulanya ion yang dimiliki oleh sel organ hati mencit tersusun secara acak. Dengan adanya medan listrik luar, ion-ion tersebut akan terpolarisasi dan menimbulkan medan listrik internal. (Ghoshal et al., 2017).



Gambar 4.27 Analogi proses polarisasi pada bahan dielektrik



Sel yang mengalami kerusakan akan berkurang proses polarisasi ion bermuatan oleh medan magnet. Berkurangnya proses polarisasi ini akibat dari jumlah sel sehat yang sedikit karena jumlah radikal yang dalam organ hati yang disebabkan oleh paparan rokok elektrik. Berkurangnya kemampuan polarisasi pada bahan elektrik akan mempengaruhi dari nilai permitivitas bahan (Awwaliy, Muhammad, & Sumajudin, 2019).



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian yang didapatkan pada pemaparan uap rokok elektrik dapat disimpulkan bahwa paparan rokok elektrik mengakibatkan kerusakan pada sel hati mencit. Uap rokok elektrik juga memicu terbentuknya radikal anion superoksida atau O_2^- pada organ hati mencit. Radikal bebas yang terbentuk mengakibatkan terjadinya kerusakan sel pada organ hati mencit. Pemberian antioksidan daun sirsak, jintan hitam, bawang dayak, dan kulit manggis mampu menangkal radikal bebas yang timbul akibat zat toksik yang ada pada uap rokok elektrik. Besaran kelistrikan dapat digunakan untuk mengetahui kondisi dari sel organ. Jika sel dalam keadaan rusak maka nilai impedansi, resistivitas, dan permitivitasnya akan menurun dan jika sel dalam kondisi sehat maka akan mengalami kenaikan nilai impedansi, resistivitas, dan permitivitasnya.

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya dapat diperhatikan kondisi mencit dan dipastikan dalam keadaan baik. Selanjutnya dapat dilakukan pengembangan pada penelitian ini seperti variasi waktu penyerapan uap rokok elektrik oleh mencit yang dipapar uap rokok elektrik ataupun variasi jenis *salt-nic* sehingga dapat dibandingkan.



[halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR PUSTAKA

- Adji, D. (2009). Perubahan Fungsi Hepar dan Ekspresi C-Reactive Protein (CRP) Pasca Operasi Laparotomi. *J. Sain Vet*, 27(2), 107–117.
- Aini, A. N., & Harjana, T. (2018). PENGARUH PAPARAN ASAP ROKOK ELEKTRIK (VAPOUR) DENGAN BERBAGAI VARIASI DOSIS TERHADAP GAMBARAN HISTOLOGI BRONKIOLUS MENCIT (Mus musculus) THE EFFECT OF ELECTRIC CIGARRETE SMOKE EXPOSURE WITH A VARIETY. *Jurnal Prodi Biologi*, 7(8), 590–597.
- Arief, S. (2011). Radikal Bebas Fassenen, 9(1), 1–9.
- Astuti, S. (2008). Isoflavon Kedelai Dan Potensinya Sebagai Penangkap Radikal Bebas. *Jurnal Teknologi Industri Dan Hasil Pertanian*, 13(2), 126–136.
- Awwaliy, F., Muhammad, M., & Sumajudin, B. (2019). Performansi Pada Antena Mikrostrip Single Layer Patch Rectangular Frekuensi 2 , 4 – 2 , 5 Ghz Effect of Non-Homogeneous Relative Permittivity Values on Performance in Single Layer Rectangular Microstrip Patch, 6(2), 4–11.
- Belia, S., Santilli, F., Beccafico, S., De Feudis, L., Morabito, C., Davì, G., ... Marigliò, M. (2009). Oxidative-induced membrane damage in diabetes lymphocytes: Effects on intracellular Ca²⁺ homeostasis. *Free Radical Research*, 43(2), 138–148. <https://doi.org/10.1080/10715760802629588>
- Botnick, I., Xue, W., Bar, E., Ibdah, M., Schwartz, A., Joel, D. M., ... Lewinsohn, E. (2012). Distribution of primary and specialized metabolites in *Nigella sativa* seeds, a spice with vast traditional and historical uses. *Molecules*, 17(9), 10159–10177. <https://doi.org/10.3390/molecules170910159>
- BPOM, B. (2011). Acuan sediaan herbal, 1(1). <https://doi.org/10.11113/jt.v56.60>

BPOM, B. (2015). Rokok elektrik, *16*(5), 1–12.

Caponnetto, P., Campagna, D., Papale, G., Russo, C., & Polosa, R. (2012). The emerging phenomenon of electronic cigarettes. *Expert Review of Respiratory Medicine*, *6*(1), 63–74. <https://doi.org/10.1586/ers.11.92>

Dayattullah, M., Supriyanto, Lepong, P., Rinaldi, A., & Alam, F. (2018). Uji Data Konfigurasi Metode Resistivitas (Konfigurasi Winner, Dipole-Dipole, Pole-Dipole) Berdasarkan Pengukuran Lapangan dan Uji Laboratorium. *Jurnal Geosains Kutai Basin*, *1*.

Denisov, E. T., & Afanas'ev, I. B. (2005). *Oxidation and Antioxidants in Organic Chemistry and Biology*. *Journal of the American Chemical Society* (Vol. 128). Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.1021/ja059854f>

Espinoza-derout, J., Shao, X. M., Bankole, E., & Hasan, K. M. (2019). Hepatic DNA Damage Induced by Electronic Cigarette Exposure Is Associated With the Modulation of NAD⁺ / PARP1 / SIRT1 Axis. *Front. Endocrinol*, *10*(320), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00320>

Etter, J. F., & Bullen, C. (2011). Electronic cigarette: Users profile, utilization, satisfaction and perceived efficacy. *Addiction*, *106*(11), 2017–2028. <https://doi.org/10.1111/j.1360-0443.2011.03505.x>

Fahmi, M., Fahrimal, Y., Aliza, D., Budiman, H., Aisyah, S., & Hambal, M. (2015). GAMBARAN HISTOPATOLOGIS HATI TIKUS (*Rattus novergicus*) YANG DIINFEKSI *Trypanosoma* evansi SETELAH PEMBERIAN EKSTRAK KULIT BATANG JALOH (*Salix tetrasperma* Roxb). *Jurnal Medika Veterinaria*, *9*(2), 141–145.

Faisal, A. L. F. (2013). Spektroskopi Impedansi Kulit Manusia, 2–4.

Fajariyah, S., Utami, E. T., & Arisandi, Y. (2010). Efek Pemberian Estrogen Sintetis (Diethylstilbestrol) terhadap Struktur Hepar

dan Kadar SGOT dan SGPT pada Mencit (*Mus musculus*)
Betina Strain Balb[®] C The Effect of Synthetic Estrogen on
Hepar Stucture And Level of SGOT and SGPT of Balb[®] C
Female M. *Jurnal Ilmu Dasar*, 11(1), 76–82.

Fitmawati, F., Titrawani, T., & Safitri, W. (2019). STRUKTUR
HISTOLOGI HATI TIKUS PUTIH (*Rattus norvegicus*
Berkenhout 1769) DENGAN PEMBERIAN RAMUAN
TRADISIONAL MASYARAKAT MELAYU LINGGA,
KEPULAUAN RIAU. *EKOTONIA: Jurnal Penelitian Biologi,
Botani, Zoologi Dan Mikrobiologi*, 3(1), 11–19.
<https://doi.org/10.33019/ekotonia.v3i1.753>

Ghoshal, K., Chakraborty, S., Das, C., Chattopadhyay, S.,
Chowdhury, S., & Bhattacharyya, M. (2017). Dielectric
properties of plasma membrane: A signature for dyslipidemia
in diabetes mellitus. *Archives of Biochemistry and Biophysics*,
635(October), 27–36. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2017.10.002>

Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2011). *Fundamentals of
Physics* (9th ed.). John Willey & Sons, Inc.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Haribi, R., Darmawati, S., & Hartiti, T. (2010). KELAINAN
FUNGSI HATI DAN GINJAL TIKUS PUTIH (*Rattus
norvegicus*, L.) AKIBAT SUPLEMENTASI TAWAS DALAM
PAKAN. *Jurnal Kesehatan*, 11–19.

Hidayah, A. S., Mulkiya, K., & Purwanti, L. (2015). Uji Aktivitas
Antioksidan Umbi Bawang Dayak (*Eleutherinebulbosa* Merr.).
Prosiding Penelitian SPeSIA, 13(2), 36.
<https://doi.org/10.32382/mf.v13i2.880>

Hidayat, M. R., S. Widodo, C., & Saroja, G. (2014). Kajian
Karakteristik Biolistrik Kulit Ikan Lele (*Clarias Batrachus*)
Dengan Metode Dielektrik Frekuensi Rendah. *Physics Student
Journal*, 2(1), pp.11-14.

Hofmann, T., Klenow, S., Borowicki, A., Gill, C. I. R., Pool-Zobel,
B. L., & Gleib, M. (2010). Gene expression profiles in human
peripheral blood mononuclear cells as biomarkers for

nutritional in vitro and in vivo investigations. *Genes and Nutrition*, 5(4), 309–319. <https://doi.org/10.1007/s12263-010-0170-1>

Indahsari, N. K. (2017). HISTOPATOLOGI HEPAR TIKUS PUTIH (*Rattus Novergicus*) YANG DIINDUKSI DENGAN PARASETAMOL DOSIS TOKSIK PASCA PEMBERIAN EKSTRAK ETANOL DAUN KELOR (*Moringa Oleifera*) Noer Kumala Indahsari. *Jurnal Kimia Riset*, 2(2), 123–130.

Indra, M. F., N, Y. H., & Utami, S. (2015). Gambaran Psikologis Perokok Tembakau yang Beralih Menggunakan Rokok Elektrik (Vaporizer). *JOM*, 2(2), 1–31. <https://doi.org/10.12816/0013114>

Insani, A., Samsuri, & Berata, I. K. (2015). Gambaran Histopatologi Hati Tikus Putih yang Diberikan Deksametason dan Vitamin E (WHITE RAT LIVER HISTOPATHOLOGY PICTURE PROVIDED DEXAMETHASONE Indonesia Medicus Veterinus Juni 2015, 4(3), 228–237.

Jayanti, D. (2011). Pengaruh Perbedaan Lama Pemberian Diet Kolesterol Terhadap Perlemakan Hati (Fatty Liver) Pada Tikus Putih (*Rattus norvegicus*). *Skripsi*, 2011.

Julio, E., Busman, H., & Nurcahyani, N. (2013). STRUKTUR HISTOLOGIS HATI MENCIT (*Mus musculus L.*) SEBAGAI RESPON TERHADAP KEBISINGAN. *Seminar Nasional Sains & Teknologi V*, (November), 84–95.

Khlystov, A., & Samburova, V. (2016). Flavoring compounds dominate toxic aldehyde production during E-cigarette vaping. *Environmental Science and Technology*, 50(23), 13080–13085. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b05145>

Kosmider, L., Sobczak, A., Fik, M., Knysak, J., Zaciera, M., Kurek, J., & Goniewicz, M. L. (2014). Carbonyl compounds in electronic cigarette vapors: Effects of nicotine solvent and battery output voltage. *Nicotine and Tobacco Research*, 16(10), 1319–1326. <https://doi.org/10.1093/ntr/ntu078>

Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8), 118–126. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.70902>

Mahdi, C. (2010). THE EFFECT OF FORMALDEHYDE EXPOSURE AND YOGURT SUPPLEMENTATION ON PROFILE AND CHARACTER OF HEPAR TISSUE PROTEIN OF RATS (*Rattus norvegicus*) Efek Paparan Formaldehid (Formalin) dan Suplementasi Yogurt Terhadap Profil dan Karakter. *Indo. J. Chem*, 10(1), 132–137. Retrieved from <https://journal.ugm.ac.id/ijc/article/viewFile/21493/14198>

Mandasari, A. A., Asiyah, S. N., & Lintang, K. (2019). Perubahan Kualitas Sperma Mencit (*Mus musculus*) Yang Terpapar Asap Rokok Elektrik. *Biotropic The Journal of Tropical Biology*, 3(1), 122–128.

Moongkarndi, P., Kosem, N., Kaslungka, S., Luanratana, O., Pongpan, N., & Neungton, N. (2004). Antiproliferation, antioxidation and induction of apoptosis by *Garcinia mangostana* (mangosteen) on SKBR3 human breast cancer cell line. *Journal of Ethnopharmacology*, 90(1), 161–166. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2003.09.048>

Musfiroh, M., & Gustari, S. (2015). PENGARUH PEMBERIAN JINTAN HITAM (*Nigella sativa* L.) TERHADAP PENINGKATAN SPERMATOGENESIS TIKUS WISTAR YANG TERPAPAR ASAP ROKOK The Effect of Black Seed (*Nigella sativa* L.) Oil on Spermatogenesis of Wistar Rats Exposed by Cigarette Smoke. *Jurnal Kedokteran Hewan*, 9(2), 114–116.

Netter. (2006). *Anatomy - Netter - Atlas of Human Anatomy.pdf*.

Nimse, S. B., & Pal, D. (2015). Free radicals, natural antioxidants, and their reaction mechanisms. *RSC Advances*, 5(35), 27986–28006. <https://doi.org/10.1039/c4ra13315c>

Nugraha, A. P., Isdadiyanto, S., & Tana, S. (2018). Histopatologi Hepar Tikus Wistar (*Rattus norvegicus*) Jantan setelah



Pemberian Teh Kombucha Konsentrasi 100% dengan Waktu Fermentasi yang Berbeda. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 3(1), 71. <https://doi.org/10.14710/baf.3.1.2018.71-78>

Nugraha, A. S., Hadi, N. S., & Siwi, R. S. U. (2015). Efek Hepatoprotektif Ekstrak Buah Merah (*Pandanus conoideus* Lam .) pada Hati Mencit Jantan Galur Swiss induksi dengan CCl₄. *Jurnal Natur Indonesia*, 11(1), 24–30.

Nurliani, A. & H. B. S. (2015). Efek Doksisiklin Selama Masa ORGANOGENESIS PADA Struktur Ginjal Fetus Mencit. *Bioscientiae*, iii(1), 15–27.

Pandya, A. S., Arimoto, A., Agarwal, A., & Kinouchi, Y. (2010). A Novel Approach for Measuring Electrical Impedance Tomography for Local Tissue with Artificial Intelligent Algorithm. *International Journal of Biometrics and Bioinformatics*, 3(3), 66–81.

Puspitasari, M. L., Wulansari, T. V., Widyarningsih, T. D., Maligan, J. M., & Nugrahini, N. I. P. (2015). AKTIVITAS ANTIOKSIDAN SUPLEMEN HERBAL DAUN SIRSAK (*Annona muricata* L.) DAN KULIT MANGGIS (*Garcinia mangostana* L.): KAJIAN PUSTAKA [IN PRESS JANUARI 2016]. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 4(1), 283–290.

Putri, R. R. A., Sulisty, C., & Santoso, D. R. (2017). Analisis Nilai Impedansi Listrik pada Daging Ikan Nila yang Disimpan dalam Lemari Es. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 6(02), 117. <https://doi.org/10.13057/ijap.v6i02.1780>

Rakhmadi, I., & Muladno. (2009). Mus Musculus) Umur 28-63 Hari pada Alas Kandang Sekam.... *Jurnal Zeolit Indonesia*, 8, 53–65. Retrieved from <http://journals.itb.ac.id/index.php/jzi/article/viewFile/1726/1021>

Reynertson, K. A., Basile, M. J., & Kennelly, E. J. (2005). Antioxidant Potential of Seven Myrtaceous Fruits. *Ethnobotany Research and Applications*, 3, 025. <https://doi.org/10.17348/era.3.0.25-36>

- Rizqiyah, B., Muthmainnah, M., Syarifah, U., & Mulyono, A. (2014). Analisis Fisis Membran Biofilter Asap Rokok Berbahan Biji Kurma Untuk Menangkap Radikal Bebas. *Jurnal Neutrino*, 7(1), 40. <https://doi.org/10.18860/neu.v7i1.2638>
- Robbins, J. A., Kays, S. A., Gangnon, R. E., Hind, J. A., Hewitt, A. L., Gentry, L. R., & Taylor, A. J. (2007). The Effects of Lingual Exercise in Stroke Patients With Dysphagia. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88(2), 150–158. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2006.11.002>
- Robert, J. N., Van, N. E., Hoorn, D. E. van, Boelens, P. G., Norren, K. van, & Leeuwen, P. A. van. (2018). Flavonoids a review of probable mechanisms of action. *Am J Clin Nutr*, 74(4), 418–425.
- Rumengan, A. P., & Mantiri, D. A. (2015). Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Alga *Dictyosphaeria cavernosa* Dari Perairan Teluk Manado. *LPPM Bidang Sains Dan Teknologi*, 2, 71–77.
- Saptarini, N. M., Wardati, Y., & Supriatna, U. (2011). Deteksi Formalin Dalam Tahu di Pasar Tradisional Parwakarta. *Jurnal Penelitian Sains Dan Teknologi*, 12, 37–44.
- Savitri, E. S., Holil, K., Resmisari, R. S., Syarifah, U., & Munawaroh, S. (2019). Effect of extraction solvent on total phenol, total flavonoid content and antioxidant activities of extract plants *Punica granatum*, *Vitis vinifera* L, *Ficus carica* L. and *Olea europea*. *AIP Conference Proceedings*, 2120(2018). <https://doi.org/10.1063/1.5115638>
- Selawa, W., Revolta, M., Runtuwene, J., Citraningtyas, G., Studi, P., Fmipa, F., & Manado, U. (2013). Kandungan Flavonoid dan Kapasitas Antioksidan Total Ekstrak Etanol Daun Binahong [*Anredera cordifolia*(Ten.)Steenis.]. *Pharmacon*, 2(1), 18–23.
- Setijono, M. M. (1985). Mencit (*Mus musculus*) Sebagai Hewan Percobaan.

- Setyani, N. F., Widodo, C. S., & Saroja, G. (2014). Studi karakteristik biolistrik membran telur bebek sebagai bahan dielektrik. *Physics Student Journal*, 2, 1–4.
- Sinaga, F. A. (2016). Stress Oksidatif Dan Status Antioksidan Pada Aktivitas Fisik Maksimal. *Generasi Kampus*, 9(2), 176–189. <https://doi.org/10.1042/BJ20091286>
- Srihari, E., & Lingganingrum, F. (2015). Ekstrak Kulit Manggis Bubuk. *Jurnal Teknik Kimia*, 10(1), 1–7.
- Stoltz, D. A., Meyerholz, D. K., & Welsh, M. J. (2015). More on hidden formaldehyde in E-cigarette aerosols. *New England Journal of Medicine*, 372(16), 1576. <https://doi.org/10.1056/NEJMc1502242>
- Supu, I. (2015). MEKANISME TRANSPORT ION MELALUI KARAKTERISASI SIFAT LISTRIK PADA MEMBRAN JERUK LEMON (*Citrus medica* Linn). *Jurnal Dinamika*, 06(1), 11–24.
- Syam, J. (2016). ANALISIS SENYAWA METABOLIT SEKUNDER DARI EKSTRAK METANOL DAUN Abstrak. *Makara Sains*, 15(January 2011), 50.
- Tanuwihardja, R. K., & Susanto, A. D. (2012). Rokok Elektronik (Electronic Cigarette). *J Respir Indo*, 32(1), 53–61.
- Tipler, P. A., & Mosca, G. (2008). *Physics For Scientists and Engineers* (Sixth). New York: W.H. Freeman and Company. Retrieved from <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>
- Tooy, M., Tendean, L., & Satiawati, L. (2016). Perbandingan kualitas spermatozoa tikus wistar (*rattus norvegicus*) yang diberi paparan asap rokok dengan asap rokok elektronik. *Jurnal E-Biomedik*, 4(2).
- Vaya, J., & Aviram, M. (2005). Nutritional Antioxidants Mechanisms of Action, Analyses of Activities and Medical Applications. *Current Medicinal Chemistry-Immunology, Endocrine & Metabolic Agents*, 1(1), 99–117. <https://doi.org/10.2174/1568013013359168>

Weckhuysen, B. M., Heidler, R., & Schoonheydt, R. a. (2004).
Electron Spin Resonance Spectroscopy. *Mol. Sieves*, 4(1), 295–
335. <https://doi.org/10.1007/b94238>

Wicaksono, H. S., Narayani, I., & Setyawati, I. (2015). STRUKTUR
HATI MENCIT (*Mus musculus L.*) SETELAH PEMBERIAN
EKSTRAK DAUN KALIANDRA MERAH (*Calliandra*
calothyrsus Meissn.). *Jurnal Symbiosis III*, 3(1), 258–268.

Winarsi, H. (2007). *Antioksidan alami dan radikal bebas: Potensi
dan aplikasi dalam kesehatan.*





[halaman ini sengaja dikosongkan]

LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar alat dan bahan yang digunakan pada penelitian



Seperangkat alat paparan
(tabung spuit, rokok elektrik,
selang dan *three way*)

Salt-nic varian vanilla 2mg/ml



Ekstrak kulit manggis



Ekstrak bawang dayak



Ekstrak daun sirsak



Ekstrak jintan hitam



Chamber



Kandang mencit



Mencit



Alat bedah



Alat uji impedansi (BIA)



Alat uji ESR



Timbangan



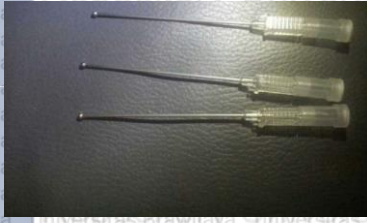
Tabung durham



Alkohol



Larutan PBS



Sonde lambung

Lampiran 2 Foto kegiatan penelitian



Pemaparan uap rokok elektrik



Pemberian antioksidan



Penggantian sekam setiap 3 hari sekali



Pembedahan mencit

Lampiran 3 Tabel hasil perhitungan mikroskopis organ hati mencit

PERLAKUAN	% KERUSAKAN SEL			% SEL NORMAL	% SEL RUSAK	ST.DEV
	DEG. PARENKIM	DEG. HIDROPIK	NEKROSIS			
K+	3,622392	11,7305	2,875297	81,77181	18,22819	1,761084
Kontrol	6,03196	6,946374	5,661082	81,36058	18,63942	2,065625
P1	18,78322	9,881271	16,47769	54,85782	45,14218	1,419893
P2	17,75026	20,83543	12,64889	48,76541	51,23459	1,999991
P3	21,67287	21,07496	18,07103	39,18114	60,81886	0,89409
P4	19,40348	24,81445	19,85267	35,92941	64,07059	0,734783
P5	18,53537	25,20771	21,89288	34,36403	65,63597	1,060125
AO1	17,68457	23,841	16,27935	42,19508	57,80492	0,700356
AO2	18,21441	25,73031	18,58777	23,55439	62,53249	0,751305
AO3	16,23072	25,16476	18,80065	39,80387	60,19613	0,784534
AO4	18,182	22,57512	13,04357	46,19931	53,80069	1,135068
AO5	16,66962	19,48544	12,45343	51,3915	48,6085	0,944873

K-														
Mencit	LP	SN	DP	DH	N	SEL RUSAK	JUMLAH SEL	% KERUSAKAN						ST. DEV
								TOTAL	SN	DP	DH	N	SEL RUSAK	
M1	A	38	0	6	4	10	48	20,833	79,17	0	12,5	8,33	20,83	2,065625
	B	39	0	0	0	0	39	0	100	0	0	0	0	
	C	47	6	6	4	16	63	25,397	74,6	9,52	9,52	6,35	25,4	
	D	37	0	0	0	0	37	0	100	0	0	0	0	
	E	39	4	3	0	7	46	15,217	84,78	8,7	6,52	0	15,22	
	RATA-RATA								12,29	87,71	3,64	5,71	2,94	
M2	A	36	6	6	8	20	56	35,714	64,29	10,7	10,7	14,3	35,71	2,065625
	B	44	0	0	4	4	48	8,3333	91,67	0	0	8,33	8,333	
	C	41	6	9	0	15	56	26,786	73,21	10,7	16,1	0	26,79	
	D	38	0	0	0	0	38	0	100	0	0	0	0	
	E	36	8	6	4	18	54	33,333	66,67	14,8	11,1	7,41	33,33	
	RATA-RATA								20,833	79,17	7,25	7,58	6,01	
M3	A	41	4	9	8	21	62	33,871	66,13	6,45	14,5	12,9	33,87	2,065625
	B	40	0	6	0	6	46	13,043	86,96	0	13	0	13,04	

	C	43	8	3	4	15	58	25,862	74,14	13,8	5,17	6,9	25,86
	D	40	0	0	8	8	48	16,667	83,33	0	0	16,7	16,67
	E	44	6	0	0	6	50	12	88	12	0	0	12
	RATA-RATA							20,289	79,71	6,45	6,55	7,29	20,29
M4	A	48	0	6	8	14	62	22,581	77,42	0	9,68	12,9	22,58
	B	49	0	9	4	13	62	20,968	79,03	0	14,5	6,45	20,97
	C	44	4	0	4	8	52	15,385	84,62	7,69	0	7,69	15,38
	D	46	0	6	8	14	60	23,333	76,67	0	10	13,3	23,33
	E	50	8	0	0	8	58	13,793	86,21	13,8	0	0	13,79
	RATA-RATA							19,212	80,79	4,3	6,84	8,08	19,21
M5	A	49	6	12	0	18	67	26,866	73,13	8,96	17,9	0	26,87
	B	53	8	9	0	17	70	24,286	75,71	11,4	12,9	0	24,29
	C	53	6	6	4	16	69	23,188	76,81	8,7	8,7	5,8	23,19
	D	51	8	6	4	18	69	26,087	73,91	11,6	8,7	5,8	26,09
	E	45	8	6	4	18	63	28,571	71,43	12,7	9,52	6,35	28,57
	RATA-RATA							25,8	74,2	10,7	11,5	3,59	25,8

P1

Mencit	LP	SN	DP	DH	N					% KERUSAKAN			ST. DEV
--------	----	----	----	----	---	--	--	--	--	-------------	--	--	---------

						SEL RUSAK	JUMLAH SEL	TOTAL	SN	DP	DH	N	SEL RUSAK	
M1	A	41	12	0	12	24	65	36,923	63,08	18,5	0	18,5	36,92	1,419893
	B	44	24	0	20	44	88	50	50	27,3	0	22,7	50	
	C	39	20	0	16	36	75	48	52	26,7	0	21,3	48	
	D	38	16	6	12	34	72	47,222	52,78	22,2	8,33	16,7	47,22	
	E	41	20	3	24	47	88	53,409	46,59	22,7	3,41	27,3	53,41	
RATA-RATA								47,111	52,89	23,5	2,35	21,3	47,11	
M2	A	36	6	9	8	23	59	38,983	61,02	10,2	15,3	13,6	38,98	
	B	40	2	6	8	16	56	28,571	71,43	3,57	10,7	14,3	28,57	
	C	40	8	9	12	29	69	42,029	57,97	11,6	13	17,4	42,03	
	D	41	16	12	20	48	89	53,933	46,07	18	13,5	22,5	53,93	
	E	40	20	15	0	35	75	46,667	53,33	26,7	20	0	46,67	
RATA-RATA								42,037	57,96	14	14,5	13,5	20,83	
M3	A	39	24	6	12	42	81	51,852	48,15	29,6	7,41	14,8	51,85	
	B	52	20	15	8	43	95	45,263	54,74	21,1	15,8	8,42	45,26	
	C	41	22	9	8	39	80	48,75	51,25	27,5	11,3	10	48,75	
	D	46	26	9	24	59	105	56,19	43,81	24,8	8,57	22,9	56,19	

	E	51	18	6	20	44	95	46,316	53,68	18,9	6,32	21,1	46,32	
RATA-RATA								49,674	50,33	24,4	9,87	15,4	49,67	
M4	A	51	26	6	12	44	95	46,316	53,68	27,4	6,32	12,6	46,32	
	B	48	22	3	16	41	89	46,067	53,93	24,7	3,37	18	46,07	
	C	44	18	6	16	40	84	47,619	52,38	21,4	7,14	19	47,62	
	D	40	14	9	4	27	67	40,299	59,7	20,9	13,4	5,97	40,3	
	E	41	12	15	12	39	80	48,75	51,25	15	18,8	15	48,75	
RATA-RATA								45,81	54,19	21,9	9,8	14,1	45,81	
M5	A	47	16	18	20	54	101	53,465	46,53	15,8	17,8	19,8	53,47	
	B	53	8	12	20	40	93	43,011	56,99	8,6	12,9	21,5	43,01	
	C	48	4	15	16	35	83	42,169	57,83	4,82	18,1	19,3	42,17	
	D	53	14	3	16	33	86	38,372	61,63	16,3	3,49	18,6	38,37	
	E	53	4	9	8	21	74	28,378	71,62	5,41	12,2	10,8	28,38	
RATA-RATA								41,079	58,92	10,2	12,9	18	41,08	
P2														
Mencit	LP	SN	DP	DH	N	SEL RUSAK	JUMLAH SEL	% KERUSAKAN						ST. DEV
								TOTAL	SN	DP	DH	N	SEL RUSAK	

M1	A	40	18	42	8	68	108	62,963	37,04	16,7	38,9	7,41	62,96	1,999991
	B	53	18	21	24	63	116	54,31	45,69	15,5	18,1	20,7	54,31	
	C	47	0	18	0	18	65	27,692	72,31	0	27,7	0	27,69	
	D	53	18	36	4	58	111	52,252	47,75	16,2	32,4	3,6	52,25	
	E	47	20	18	0	38	85	44,706	55,29	23,5	21,2	0	44,71	
RATA-RATA								48,385	51,62	14,4	27,7	6,34	48,38	
M2	A	45	28	24	12	64	109	58,716	41,28	25,7	22	11	58,72	
	B	50	18	18	0	36	86	41,86	58,14	20,9	20,9	0	41,86	
	C	42	14	36	4	54	96	56,25	43,75	14,6	37,5	4,17	56,25	
	D	46	16	30	24	70	116	60,345	39,66	13,8	25,9	20,7	60,34	
	E	54	14	24	4	42	96	43,75	56,25	14,6	25	4,17	43,75	
RATA-RATA								42,037	57,96	14	14,5	13,5	20,83	
M3	A	45	22	18	8	48	93	51,613	48,39	23,7	19,4	8,6	51,61	
	B	48	22	21	28	71	119	59,664	40,34	18,5	17,6	23,5	59,66	
	C	45	12	24	20	56	101	55,446	44,55	11,9	23,8	19,8	55,45	
	D	38	10	27	24	61	99	61,616	38,38	10,1	27,3	24,2	61,62	
	E	51	24	15	0	39	90	43,333	56,67	26,7	16,7	0	43,33	
RATA-RATA								54,334	45,67	18,2	20,9	15,2	54,33	

M4	A	51	10	18	8	36	87	41,379	58,62	11,5	20,7	9,2	41,38
	B	39	16	21	44	81	120	67,5	32,5	13,3	17,5	36,7	67,5
	C	46	14	12	20	46	92	50	50	15,2	13	21,7	50
	D	53	16	0	48	64	117	54,701	45,3	13,7	0	41	54,7
	E	52	24	33	36	93	145	64,138	35,86	16,6	22,8	24,8	64,14

RATA-RATA								55,544	44,46	14,1	14,8	26,7	55,54
------------------	--	--	--	--	--	--	--	--------	-------	------	------	------	-------

M5	A	39	24	24	0	48	87	55,172	44,83	27,6	27,6	0	55,17
	B	39	16	27	8	51	90	56,667	43,33	17,8	30	8,89	56,67
	C	35	14	3	8	25	60	41,667	58,33	23,3	5	13,3	41,67
	D	40	10	6	4	20	60	33,333	66,67	16,7	10	6,67	33,33
	E	39	24	0	4	28	67	41,791	58,21	35,8	0	5,97	41,79

RATA-RATA								45,726	54,27	24,2	14,5	6,97	45,73
------------------	--	--	--	--	--	--	--	--------	-------	------	------	------	-------

P3

Mencit	LP	SN	DP	DH	N	SEL RUSAK	JUMLAH SEL	% KERUSAKAN					ST. DEV	
								TOTAL	SN	DP	DH	N		SEL RUSAK
M1	A	43	22	27	16	65	108	60,185	39,81	20,4	25	14,8	60,19	0,89409
	B	44	26	24	16	66	110	60	40	23,6	21,8	14,5	60	

	C	42	18	30	20	68	110	61,818	38,18	16,4	27,3	18,2	61,82
	D	37	10	24	32	66	103	64,078	35,92	9,71	23,3	31,1	64,08
	E	43	26	18	20	64	107	59,813	40,19	24,3	16,8	18,7	59,81
	RATA-RATA							61,179	38,82	18,9	22,8	19,5	61,18
M2	A	40	24	24	12	60	100	60	40	24	24	12	60
	B	45	26	18	20	64	109	58,716	41,28	23,9	16,5	18,3	58,72
	C	42	18	39	32	89	131	67,939	32,06	13,7	29,8	24,4	67,94
	D	41	24	24	16	64	105	60,952	39,05	22,9	22,9	15,2	60,95
	E	40	22	9	20	51	91	56,044	43,96	24,2	9,89	22	56,04
	RATA-RATA							60,73	39,27	21,7	20,6	18,4	60,73
M3	A	39	22	42	12	76	115	66,087	33,91	19,1	36,5	10,4	66,09
	B	35	22	24	32	78	113	69,027	30,97	19,5	21,2	28,3	69,03
	C	37	24	9	20	53	90	58,889	41,11	26,7	10	22,2	58,89
	D	39	26	15	20	61	100	61	39	26	15	20	61
	E	40	28	3	28	59	99	59,596	40,4	28,3	3,03	28,3	59,6
	RATA-RATA							62,92	37,08	23,9	17,2	21,9	62,92
M4	A	41	28	9	16	53	94	56,383	43,62	29,8	9,57	17	56,38
	B	40	10	36	16	62	102	60,784	39,22	9,8	35,3	15,7	60,78

	C	41	20	27	24	71	112	63,393	36,61	17,9	24,1	21,4	63,39	
	D	41	30	33	24	87	128	67,969	32,03	23,4	25,8	18,8	67,97	
	E	43	20	9	16	45	88	51,136	48,86	22,7	10,2	18,2	51,14	
RATA-RATA								59,933	40,07	20,7	21	18,2	59,93	
M5	A	41	26	24	12	62	103	60,194	39,81	25,2	23,3	11,7	60,19	
	B	34	16	18	4	38	72	52,778	47,22	22,2	25	5,56	52,78	
	C	37	24	21	16	61	98	62,245	37,76	24,5	21,4	16,3	62,24	
	D	42	30	15	8	53	95	55,789	44,21	31,6	15,8	8,42	55,79	
	E	34	12	33	20	65	99	65,657	34,34	12,1	33,3	20,2	65,66	
RATA-RATA								59,333	40,67	23,1	23,8	12,4	59,33	
P4														
Mencit	LP	SN	DP	DH	N	SEL RUSAK	JUMLAH SEL	% KERUSAKAN						ST. DEV
								TOTAL	SN	DP	DH	N	SEL RUSAK	
M1	A	38	24	27	12	63	101	62,376	37,62	23,8	26,7	11,9	62,38	0,734783
	B	38	28	21	20	69	107	64,486	35,51	26,2	19,6	18,7	64,49	
	C	42	22	27	20	69	111	62,162	37,84	19,8	24,3	18	62,16	
	D	44	22	42	20	84	128	65,625	34,38	17,2	32,8	15,6	65,63	

	E	38	12	18	20	50	88	56,818	43,18	13,6	20,5	22,7	56,82
RATA-RATA								62,294	37,71	20,1	24,8	17,4	62,29
M2	A	36	26	24	20	70	106	66,038	33,96	24,5	22,6	18,9	66,04
	B	37	24	15	24	63	100	63	37	24	15	24	63
	C	35	12	33	20	65	100	65	35	12	33	20	65
	D	40	12	27	28	67	107	62,617	37,38	11,2	25,2	26,2	62,62
	E	38	30	15	12	57	95	60	40	31,6	15,8	12,6	60
RATA-RATA								63,331	36,67	20,7	22,3	20,3	63,33
M3	A	39	18	36	20	74	113	65,487	34,51	15,9	31,9	17,7	65,49
	B	42	28	15	28	71	113	62,832	37,17	24,8	13,3	24,8	62,83
	C	38	22	33	24	79	117	67,521	32,48	18,8	28,2	20,5	67,52
	D	37	28	36	20	84	121	69,421	30,58	23,1	29,8	16,5	69,42
	E	40	24	18	16	58	98	59,184	40,82	24,5	18,4	16,3	59,18
RATA-RATA								64,889	35,11	21,4	24,3	19,2	64,89
M4	A	39	24	36	28	88	127	69,291	30,71	18,9	28,3	22	69,29
	B	39	16	36	20	72	111	64,865	35,14	14,4	32,4	18	64,86
	C	39	22	39	20	81	120	67,5	32,5	18,3	32,5	16,7	67,5
	D	36	20	24	16	60	96	62,5	37,5	20,8	25	16,7	62,5

	E	36	26	27	28	81	117	69,231	30,77	22,2	23,1	23,9	69,23	
RATA-RATA								66,677	33,32	18,9	28,3	19,5	66,68	
M5	A	31	10	27	16	53	84	63,095	36,9	11,9	32,1	19	63,1	
	B	41	28	27	12	67	108	62,037	37,96	25,9	25	11,1	62,04	
	C	47	12	24	24	60	107	56,075	43,93	11,2	22,4	22,4	56,07	
	D	34	12	15	36	63	97	64,948	35,05	12,4	15,5	37,1	64,95	
	E	44	26	39	36	101	145	69,655	30,34	17,9	26,9	24,8	69,66	
RATA-RATA								63,162	36,84	15,9	24,4	22,9	63,16	
P5														
Mencit	LP	SN	DP	DH	N	SEL RUSAK	JUMLAH SEL	% KERUSAKAN						ST. DEV
								TOTAL	SN	DP	DH	N	SEL RUSAK	
M1	A	45	22	27	8	57	102	55,882	44,12	21,6	26,5	7,84	55,88	1,060125
	B	45	26	27	8	61	106	57,547	42,45	24,5	25,5	7,55	57,55	
	C	39	24	27	36	87	126	69,048	30,95	19	21,4	28,6	69,05	
	D	47	18	21	8	47	94	50	50	19,1	22,3	8,51	50	
	E	43	24	36	36	96	139	69,065	30,94	17,3	25,9	25,9	69,06	
RATA-RATA								60,308	39,69	20,3	24,3	15,7	60,31	

M2	A	39	16	33	20	69	108	63,889	36,11	14,8	30,6	18,5	63,89
	B	44	28	36	28	92	136	67,647	32,35	20,6	26,5	20,6	67,65
	C	43	14	36	32	82	125	65,6	34,4	11,2	28,8	25,6	65,6
	D	46	24	24	24	72	118	61,017	38,98	20,3	20,3	20,3	61,02
	E	46	22	33	24	79	125	63,2	36,8	17,6	26,4	19,2	63,2
RATA-RATA								64,271	35,73	16,9	26,5	20,8	64,27
M3	A	37	22	33	28	83	120	69,167	30,83	18,3	27,5	23,3	69,17
	B	39	14	36	20	70	109	64,22	35,78	12,8	33	18,3	64,22
	C	32	22	24	32	78	110	70,909	29,09	20	21,8	29,1	70,91
	D	36	22	30	20	72	108	66,667	33,33	20,4	27,8	18,5	66,67
	E	28	24	30	36	90	118	76,271	23,73	20,3	25,4	30,5	76,27
RATA-RATA								69,447	30,55	18,4	27,1	24	69,45
M4	A	36	24	24	28	76	112	67,857	32,14	21,4	21,4	25	67,86
	B	36	14	24	28	66	102	64,706	35,29	13,7	23,5	27,5	64,71
	C	41	20	30	32	82	123	66,667	33,33	16,3	24,4	26	66,67
	D	44	22	24	32	78	122	63,934	36,07	18	19,7	26,2	63,93
	E	34	26	21	24	71	105	67,619	32,38	24,8	20	22,9	67,62
RATA-RATA								66,157	33,84	18,8	21,8	25,5	66,16

M5	A	32	22	18	24	64	96	66,667	33,33	22,9	18,8	25	66,67
	B	35	14	33	36	83	118	70,339	29,66	11,9	28	30,5	70,34
	C	37	22	27	24	73	110	66,364	33,64	20	24,5	21,8	66,36
	D	32	22	27	16	65	97	67,01	32,99	22,7	27,8	16,5	67,01
	E	31	14	33	24	71	102	69,608	30,39	13,7	32,4	23,5	69,61
RATA-RATA								67,997	32	18,2	26,3	23,5	68

AO1

Mencit	LP	SN	DP	DH	N	SEL RUSAK	JUMLAH SEL	% KERUSAKAN					ST. DEV	
								TOTAL	SN	DP	DH	N		SEL RUSAK
M1	A	66	24	36	16	76	142	53,521	46,48	16,9	25,4	11,3	53,52	0,700356
	B	57	22	33	12	67	124	54,032	45,97	17,7	26,6	9,68	54,03	
	C	50	22	27	16	65	115	56,522	43,48	19,1	23,5	13,9	56,52	
	D	65	24	33	28	85	150	56,667	43,33	16	22	18,7	56,67	
	E	49	16	18	20	54	103	52,427	47,57	15,5	17,5	19,4	52,43	
RATA-RATA								54,634	45,37	17,1	23	14,6	54,63	
M2	A	52	14	24	28	66	118	55,932	44,07	11,9	20,3	23,7	55,93	
	B	47	14	45	4	63	110	57,273	42,73	12,7	40,9	3,64	57,27	

	C	50	22	24	20	66	116	56,897	43,1	19	20,7	17,2	56,9
	D	52	18	33	16	67	119	56,303	43,7	15,1	27,7	13,4	56,3
	E	65	32	30	28	90	155	58,065	41,94	20,6	19,4	18,1	58,06
RATA-RATA								56,894	43,11	15,9	25,8	15,2	56,89
M3	A	52	24	27	24	75	127	59,055	40,94	18,9	21,3	18,9	59,06
	B	48	24	39	20	83	131	63,359	36,64	18,3	29,8	15,3	63,36
	C	49	24	30	16	70	119	58,824	41,18	20,2	25,2	13,4	58,82
	D	53	22	27	36	85	138	61,594	38,41	15,9	19,6	26,1	61,59
	E	48	22	33	32	87	135	64,444	35,56	16,3	24,4	23,7	64,44
RATA-RATA								61,455	38,54	17,9	24,1	19,5	61,46
M4	A	65	22	36	24	82	147	55,782	44,22	15	24,5	16,3	55,78
	B	58	22	27	12	61	119	51,261	48,74	18,5	22,7	10,1	51,26
	C	59	26	33	12	71	130	54,615	45,38	20	25,4	9,23	54,62
	D	55	24	33	24	81	136	59,559	40,44	17,6	24,3	17,6	59,56
	E	62	28	36	20	84	146	57,534	42,47	19,2	24,7	13,7	57,53
RATA-RATA								55,75	44,25	18,1	24,3	13,4	55,75
M5	A	54	26	33	32	91	145	62,759	37,24	17,9	22,8	22,1	62,76
	B	55	30	36	24	90	145	62,069	37,93	20,7	24,8	16,6	62,07

C	56	22	30	28	80	136	58,824	41,18	16,2	22,1	20,6	58,82
D	62	22	27	28	77	139	55,396	44,6	15,8	19,4	20,1	55,4
E	53	38	30	20	88	141	62,411	37,59	27	21,3	14,2	62,41
RATA-RATA							60,292	39,71	19,5	22,1	18,7	60,29

AO2

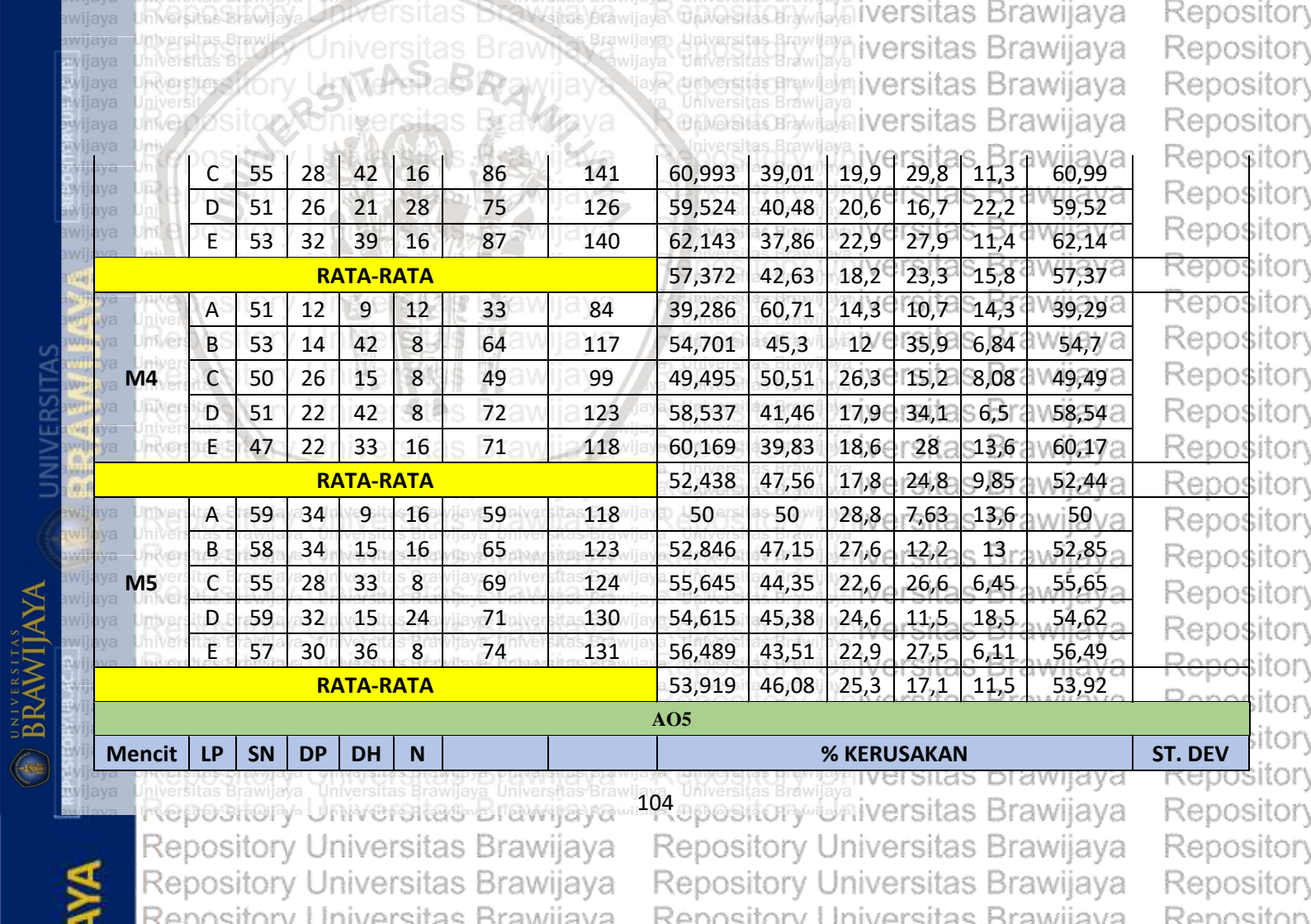
Mencit	LP	SN	DP	DH	N	SEL RUSAK	JUMLAH SEL	% KERUSAKAN					ST. DEV	
								TOTAL	SN	DP	DH	N		SEL RUSAK
M1	A	49	34	33	28	95	144	65,972	34,03	23,6	22,9	19,4	65,97	0,751305
	B	49	18	27	20	65	114	57,018	42,98	15,8	23,7	17,5	57,02	
	C	48	18	24	16	58	106	54,717	45,28	17	22,6	15,1	54,72	
	D	49	18	27	24	69	118	58,475	41,53	15,3	22,9	20,3	58,47	
	E	45	24	27	24	75	120	62,5	37,5	20	22,5	20	62,5	
RATA-RATA							59,736	40,26	18,3	22,9	18,5	59,74		
M2	A	49	24	30	32	86	135	63,704	36,3	17,8	22,2	23,7	63,7	
	B	50	16	36	12	64	114	56,14	43,86	14	31,6	10,5	56,14	
	C	50	30	27	24	81	131	61,832	38,17	22,9	20,6	18,3	61,83	
	D	57	18	36	20	74	131	56,489	43,51	13,7	27,5	15,3	56,49	

	E	54	30	24	32	86	140	61,429	38,57	21,4	17,1	22,9	61,43
RATA-RATA								59,919	40,08	18	23,8	18,1	59,92
M3	A	47	24	42	32	98	145	67,586	32,41	16,6	29	22,1	67,59
	B	45	22	27	32	81	126	64,286	35,71	17,5	21,4	25,4	64,29
	C	49	22	42	28	92	141	65,248	34,75	15,6	29,8	19,9	65,25
	D	44	30	42	20	92	136	67,647	32,35	22,1	30,9	14,7	67,65
	E	45	30	33	20	83	128	64,844	35,16	23,4	25,8	15,6	64,84
RATA-RATA								65,922	34,08	19	27,4	19,5	65,92
M4	A	45	18	36	24	78	123	63,415	36,59	14,6	29,3	19,5	63,41
	B	47	24	33	24	81	128	63,281	36,72	18,8	25,8	18,8	63,28
	C	46	18	27	16	61	107	57,009	42,99	16,8	25,2	15	57,01
	D	48	24	30	28	82	130	63,077	36,92	18,5	23,1	21,5	63,08
	E	49	28	42	20	90	139	64,748	35,25	20,1	30,2	14,4	64,75
RATA-RATA								62,306	37,69	17,8	26,7	17,8	62,31
M5	A	46	22	36	20	78	124	62,903	37,1	17,7	29	16,1	62,9
	B	48	24	45	24	93	141	65,957	34,04	17	31,9	17	65,96
	C	46	22	27	32	81	127	63,78	36,22	17,3	21,3	25,2	63,78
	D	47	24	45	24	93	140	66,429	33,57	17,1	32,1	17,1	66,43

	E	51	30	36	28	94	145	64,828	35,17	20,7	24,8	19,3	64,83	
RATA-RATA								64,779	35,22	18	27,8	19	64,78	
AO3														
Mencit	LP	SN	DP	DH	N	SEL RUSAK	JUMLAH SEL	% KERUSAKAN					ST. DEV	
								TOTAL	SN	DP	DH	N		SEL RUSAK
M1	A	49	18	21	16	55	104	52,885	47,12	17,3	20,2	15,4	52,88	0,784534
	B	49	22	39	12	73	122	59,836	40,16	18	32	9,84	59,84	
	C	48	18	24	32	74	122	60,656	39,34	14,8	19,7	26,2	60,66	
	D	49	18	33	32	83	132	62,879	37,12	13,6	25	24,2	62,88	
	E	45	22	33	36	91	136	66,912	33,09	16,2	24,3	26,5	66,91	
RATA-RATA								60,633	39,37	16	24,2	20,4	60,63	
M2	A	49	24	27	8	59	108	54,63	45,37	22,2	25	7,41	54,63	
	B	50	16	27	16	59	109	54,128	45,87	14,7	24,8	14,7	54,13	
	C	50	30	36	20	86	136	63,235	36,76	22,1	26,5	14,7	63,24	
	D	57	12	39	36	87	144	60,417	39,58	8,33	27,1	25	60,42	
	E	54	30	24	16	70	124	56,452	43,55	24,2	19,4	12,9	56,45	
RATA-RATA								57,772	42,23	18,3	24,5	14,9	57,77	

M3	A	47	14	33	20	67	114	58,772	41,23	12,3	28,9	17,5	58,77
	B	45	14	27	20	61	106	57,547	42,45	13,2	25,5	18,9	57,55
	C	49	18	27	16	61	110	55,455	44,55	16,4	24,5	14,5	55,45
	D	44	14	33	24	71	115	61,739	38,26	12,2	28,7	20,9	61,74
	E	45	26	27	28	81	126	64,286	35,71	20,6	21,4	22,2	64,29
RATA-RATA								59,56	40,44	14,9	25,8	18,8	59,56
M4	A	45	18	42	16	76	121	62,81	37,19	14,9	34,7	13,2	62,81
	B	47	14	33	28	75	122	61,475	38,52	11,5	27	23	61,48
	C	46	14	36	20	70	116	60,345	39,66	12,1	31	17,2	60,34
	D	48	22	24	32	78	126	61,905	38,1	17,5	19	25,4	61,9
	E	49	16	36	16	68	117	58,12	41,88	13,7	30,8	13,7	58,12
RATA-RATA								60,931	39,07	13,9	28,5	18,5	60,93
M5	A	46	18	21	24	63	109	57,798	42,2	16,5	19,3	22	57,8
	B	48	18	33	20	71	119	59,664	40,34	15,1	27,7	16,8	59,66
	C	46	22	18	28	68	114	59,649	40,35	19,3	15,8	24,6	59,65
	D	47	32	39	36	107	154	69,481	30,52	20,8	25,3	23,4	69,48
	E	51	26	36	28	90	141	63,83	36,17	18,4	25,5	19,9	63,83
RATA-RATA								62,084	37,92	18	22,7	21,3	62,08

AO4														
Mencit	LP	SN	DP	DH	N	SEL RUSAK	JUMLAH SEL	% KERUSAKAN						ST. DEV
								TOTAL	SN	DP	DH	N	SEL RUSAK	
M1	A	64	14	36	8	58	122	47,541	52,46	11,5	29,5	6,56	47,54	1,135068
	B	60	16	33	12	61	121	50,413	49,59	13,2	27,3	9,92	50,41	
	C	61	18	21	16	55	116	47,414	52,59	15,5	18,1	13,8	47,41	
	D	62	14	33	20	67	129	51,938	48,06	10,9	25,6	15,5	51,94	
	E	63	22	42	16	80	143	55,944	44,06	15,4	29,4	11,2	55,94	
RATA-RATA								50,65	49,35	13,3	26	11,4	50,65	
M2	A	58	20	21	20	61	119	51,261	48,74	16,8	17,6	16,8	51,26	
	B	62	12	33	24	69	131	52,672	47,33	9,16	25,2	18,3	52,67	
	C	57	32	33	16	81	138	58,696	41,3	23,2	23,9	11,6	58,7	
	D	63	20	15	20	55	118	46,61	53,39	16,9	12,7	16,9	46,61	
	E	52	22	42	28	92	144	63,889	36,11	15,3	29,2	19,4	63,89	
RATA-RATA								54,625	45,37	16,3	21,7	16,6	54,63	
M3	A	60	20	39	12	71	131	54,198	45,8	15,3	29,8	9,16	54,2	
	B	48	12	12	24	48	96	50	50	12,5	12,5	25	50	



C	55	28	42	16	86	141	60,993	39,01	19,9	29,8	11,3	60,99
D	51	26	21	28	75	126	59,524	40,48	20,6	16,7	22,2	59,52
E	53	32	39	16	87	140	62,143	37,86	22,9	27,9	11,4	62,14

RATA-RATA							57,372	42,63	18,2	23,3	15,8	57,37
------------------	--	--	--	--	--	--	--------	-------	------	------	------	-------

M4	A	51	12	9	12	33	84	39,286	60,71	14,3	10,7	14,3	39,29
	B	53	14	42	8	64	117	54,701	45,3	12	35,9	6,84	54,7
	C	50	26	15	8	49	99	49,495	50,51	26,3	15,2	8,08	49,49
	D	51	22	42	8	72	123	58,537	41,46	17,9	34,1	6,5	58,54
	E	47	22	33	16	71	118	60,169	39,83	18,6	28	13,6	60,17

RATA-RATA							52,438	47,56	17,8	24,8	9,85	52,44
------------------	--	--	--	--	--	--	--------	-------	------	------	------	-------

M5	A	59	34	9	16	59	118	50	50	28,8	7,63	13,6	50
	B	58	34	15	16	65	123	52,846	47,15	27,6	12,2	13	52,85
	C	55	28	33	8	69	124	55,645	44,35	22,6	26,6	6,45	55,65
	D	59	32	15	24	71	130	54,615	45,38	24,6	11,5	18,5	54,62
	E	57	30	36	8	74	131	56,489	43,51	22,9	27,5	6,11	56,49

RATA-RATA							53,919	46,08	25,3	17,1	11,5	53,92
------------------	--	--	--	--	--	--	--------	-------	------	------	------	-------

AO5													
Mencit	LP	SN	DP	DH	N					% KERUSAKAN			ST. DEV

						SEL RUSAK	JUMLAH SEL	TOTAL	SN	DP	DH	N	SEL RUSAK	
M1	A	63	20	24	16	60	123	48,78	51,22	16,3	19,5	13	48,78	0,944873
	B	58	18	24	8	50	108	46,296	53,7	16,7	22,2	7,41	46,3	
	C	50	18	27	12	57	107	53,271	46,73	16,8	25,2	11,2	53,27	
	D	51	20	15	20	55	106	51,887	48,11	18,9	14,2	18,9	51,89	
	E	48	18	27	20	65	113	57,522	42,48	15,9	23,9	17,7	57,52	
RATA-RATA								51,551	48,45	16,9	21	13,6	51,55	
M2	A	62	20	18	8	46	108	42,593	57,41	18,5	16,7	7,41	42,59	
	B	58	14	15	20	49	107	45,794	54,21	13,1	14	18,7	45,79	
	C	57	20	21	8	49	106	46,226	53,77	18,9	19,8	7,55	46,23	
	D	67	22	27	16	65	132	49,242	50,76	16,7	20,5	12,1	49,24	
	E	64	14	15	16	45	109	41,284	58,72	12,8	13,8	14,7	41,28	
RATA-RATA								45,028	54,97	16	16,9	12,1	45,03	
M3	A	59	22	27	20	69	128	53,906	46,09	17,2	21,1	15,6	53,91	
	B	61	22	21	12	55	116	47,414	52,59	19	18,1	10,3	47,41	
	C	70	18	27	8	53	123	43,089	56,91	14,6	22	6,5	43,09	
	D	61	14	24	20	58	119	48,739	51,26	11,8	20,2	16,8	48,74	

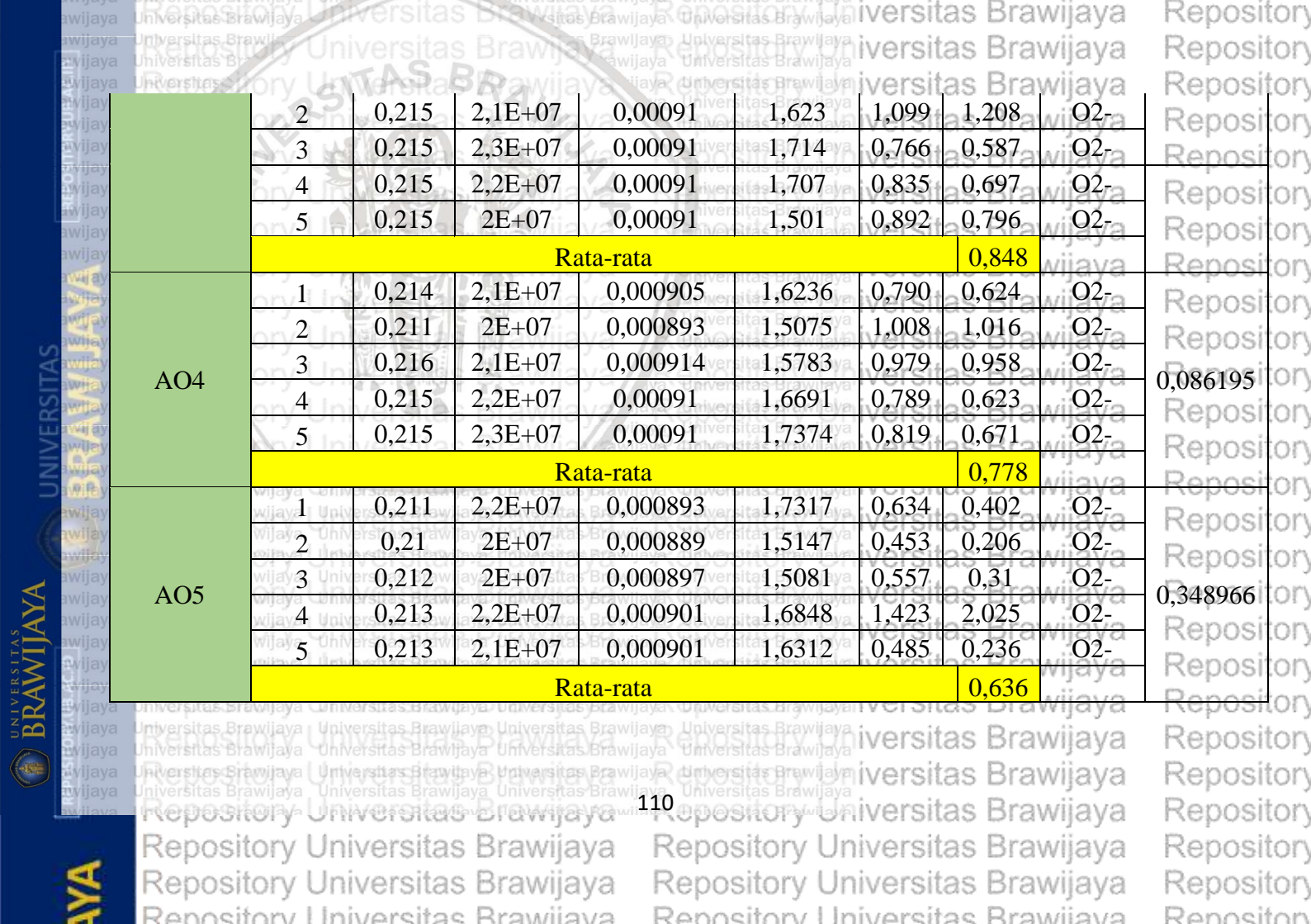
	E	58	14	12	16	42	100	42	58	14	12	16	42
RATA-RATA								47,03	52,97	15,3	18,7	13,1	47,03
M4	A	52	22	24	20	66	118	55,932	44,07	18,6	20,3	16,9	55,93
	B	59	20	15	16	51	110	46,364	53,64	18,2	13,6	14,5	46,36
	C	50	18	12	8	38	88	43,182	56,82	20,5	13,6	9,09	43,18
	D	47	12	24	12	48	95	50,526	49,47	12,6	25,3	12,6	50,53
	E	49	16	27	8	51	100	51	49	16	27	8	51
RATA-RATA								49,401	50,6	17,2	20	12,2	49,4
M5	A	51	18	24	16	58	109	53,211	46,79	16,5	22	14,7	53,21
	B	52	18	15	4	37	89	41,573	58,43	20,2	16,9	4,49	41,57
	C	55	20	24	20	64	119	53,782	46,22	16,8	20,2	16,8	53,78
	D	52	18	24	8	50	102	49,02	50,98	17,6	23,5	7,84	49,02
	E	46	18	21	12	51	97	52,577	47,42	18,6	21,6	12,4	52,58
RATA-RATA								50,032	49,97	17,9	20,8	11,2	50,03

Lampiran 4 Tabel hasil perhitungan faktor-g organ hati mencit

Perlakuan	Mencit	Arus (A)	Frek (Hz)	Medan Magnet (T)	Faktor-g	A	A ²	Jenis RB	ST.DEV
Kontrol	1	0,215	2,3E+07	0,00091	1,7067	0,467	0,218	O ₂ ⁻	0,010256
	2	0,214	2,3E+07	0,000905	1,6774	0,477	0,228	O ₂ ⁻	
	3	0,215	2,2E+07	0,00091	1,6251	0,420	0,177	O ₂ ⁻	
	4	0,215	2,2E+07	0,00091	1,6325	0,439	0,193	O ₂ ⁻	
	5	0,215	2,1E+07	0,00091	1,5583	0,477	0,228	O ₂ ⁻	
	Rata-rata							0,209	
P1	1	0,212	2,2E+07	0,000897	1,74	0,806	0,65	O ₂ ⁻	0,096653
	2	0,212	2,2E+07	0,000897	1,74	1,068	1,141	O ₂ ⁻	
	3	0,212	2,2E+07	0,000897	1,6177	0,794	0,63	O ₂ ⁻	
	4	0,212	2,2E+07	0,000897	1,6397	0,886	0,785	O ₂ ⁻	
	5	0,212	2,2E+07	0,000897	1,6324	0,978	0,956	O ₂ ⁻	
	Rata-rata							0,832	
P2	1	0,213	2E+07	0,000901	1,501	1,156	1,336	O ₂ ⁻	0,200999

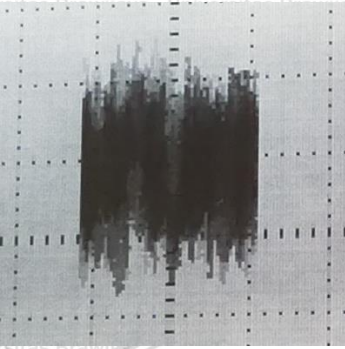
	2	0,213	2,3E+07	0,000901	1,679	0,997	0,994	O ₂ ⁻	
	3	0,211	2,2E+07	0,000893	1,657	0,406	0,165	O ₂ ⁻	
	4	0,211	2,2E+07	0,000893	1,672	0,998	0,996	O ₂ ⁻	
	5	0,211	2,2E+07	0,000893	1,680	1,073	1,151	O ₂ ⁻	
	Rata-rata							0,929	
P3	1	0,212	2,2E+07	0,000897	1,5848	0,497	0,247	O ₂ ⁻	0,223115
	2	0,213	2,2E+07	0,000901	1,6061	0,963	0,927	O ₂ ⁻	
	3	0,212	2,3E+07	0,000897	1,6713	1,135	1,288	O ₂ ⁻	
	4	0,211	2,1E+07	0,000893	1,5127	1,227	1,506	O ₂ ⁻	
	5	0,211	2,3E+07	0,000893	1,6864	1,148	1,318	O ₂ ⁻	
Rata-rata							1,057		
P4	1	0,218	2E+07	0,000922	1,5029	1,427	2,036	O ₂ ⁻	0,395343
	2	0,218	2,1E+07	0,000922	1,5474	0,640	0,409	O ₂ ⁻	
	3	0,213	2,2E+07	0,000901	1,6670	1,446	2,091	O ₂ ⁻	
	4	0,215	2,1E+07	0,00091	1,5689	1,122	1,259	O ₂ ⁻	
	5	0,215	2,3E+07	0,00091	1,6966	0,445	0,198	O ₂ ⁻	
Rata-rata							1,199		
P5	1	0,213	2E+07	0,000901	1,53	1,088	1,184	O ₂ ⁻	0,328253

	2	0,213	2E+07	0,000901	1,53	1,051	1,105	O ₂ ⁻	
	3	0,213	2E+07	0,000901	1,53	1,194	1,426	O ₂ ⁻	
	4	0,213	2,2E+07	0,000901	1,72	1,041	1,084	O ₂ ⁻	
	5	0,214	2E+07	0,000905	1,52	1,677	2,812	O ₂ ⁻	
	Rata-rata							1,522	
AO1	1	0,215	2,4E+07	0,00091	1,6954	0,477	0,228	O ₂ ⁻	0,324502
	2	0,215	2,4E+07	0,00091	1,5948	1,084	1,175	O ₂ ⁻	
	3	0,215	2E+07	0,00091	1,5096	0,231	0,053	O ₂ ⁻	
	4	0,212	2E+07	0,000897	1,5310	0,943	0,889	O ₂ ⁻	
	5	0,212	2E+07	0,000897	1,5388	1,356	1,839	O ₂ ⁻	
Rata-rata							0,837		
AO2	1	0,212	1,9E+07	0,000897	1,5178	1,300	1,69	O ₂ ⁻	0,268948
	2	0,212	2E+07	0,000897	1,5416	1,208	1,459	O ₂ ⁻	
	3	0,214	2,1E+07	0,000905	1,6681	1,244	1,548	O ₂ ⁻	
	4	0,213	1,9E+07	0,000901	1,5107	1,119	1,252	O ₂ ⁻	
	5	0,213	1,9E+07	0,000901	1,5107	0,436	0,19	O ₂ ⁻	
Rata-rata							1,228		
AO3	1	0,213	2,1E+07	0,000901	1,600	0,976	0,953	O ₂ ⁻	0,108193

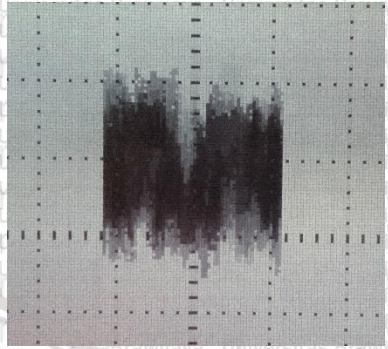


	2	0,215	2,1E+07	0,00091	1,623	1,099	1,208	O2-	
	3	0,215	2,3E+07	0,00091	1,714	0,766	0,587	O2-	
	4	0,215	2,2E+07	0,00091	1,707	0,835	0,697	O2-	
	5	0,215	2E+07	0,00091	1,501	0,892	0,796	O2-	
	Rata-rata							0,848	
AO4	1	0,214	2,1E+07	0,000905	1,6236	0,790	0,624	O2-	0,086195
	2	0,211	2E+07	0,000893	1,5075	1,008	1,016	O2-	
	3	0,216	2,1E+07	0,000914	1,5783	0,979	0,958	O2-	
	4	0,215	2,2E+07	0,00091	1,6691	0,789	0,623	O2-	
	5	0,215	2,3E+07	0,00091	1,7374	0,819	0,671	O2-	
Rata-rata							0,778		
AO5	1	0,211	2,2E+07	0,000893	1,7317	0,634	0,402	O2-	0,348966
	2	0,21	2E+07	0,000889	1,5147	0,453	0,206	O2-	
	3	0,212	2E+07	0,000897	1,5081	0,557	0,31	O2-	
	4	0,213	2,2E+07	0,000901	1,6848	1,423	2,025	O2-	
	5	0,213	2,1E+07	0,000901	1,6312	0,485	0,236	O2-	
Rata-rata							0,636		

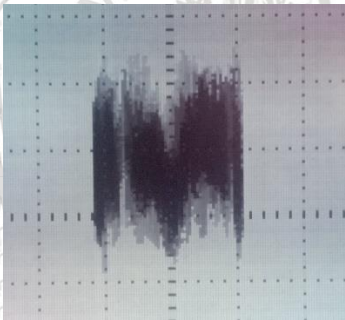
Lampiran 5 Kurva hasil dari uji ESR organ hati mencit



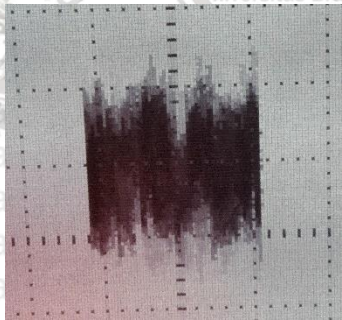
Perlakuan kontrol



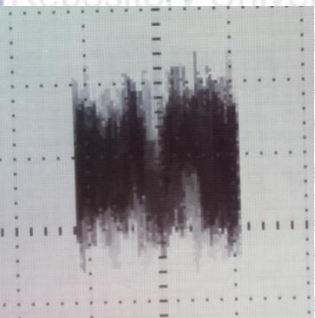
Perlakuan AO1 (5,58 mg)



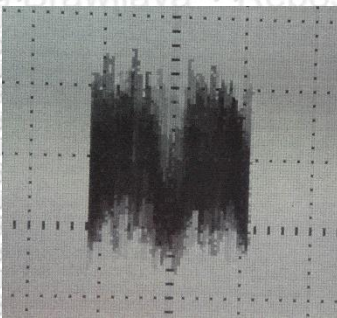
Perlakuan P1 (5 kali semprot)



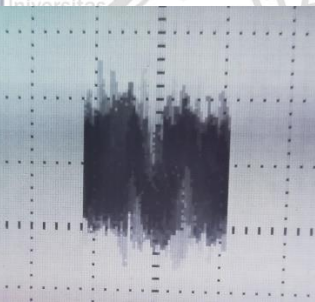
Perlakuan AO2 (8,775 mg)



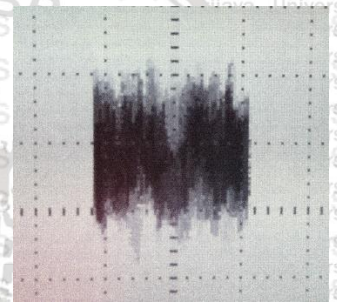
Perlakuan P2 (10 kali semprot)



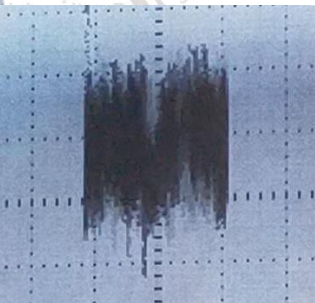
Perlakuan AO3 (11,7 mg)



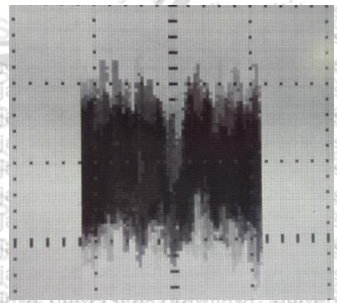
Perlakuan P3 (15 kali semprot)



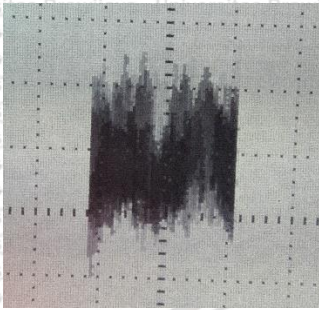
Perlakuan AO4 (14,625 mg)



Perlakuan P4 (20 kali semprot)



Perlakuan AO5 (17,55 mg)



Perlakuan P5 (25 kali semprot)

Lampiran 6 Tabel hasil perhitungan kelistrikan organ hati mencit

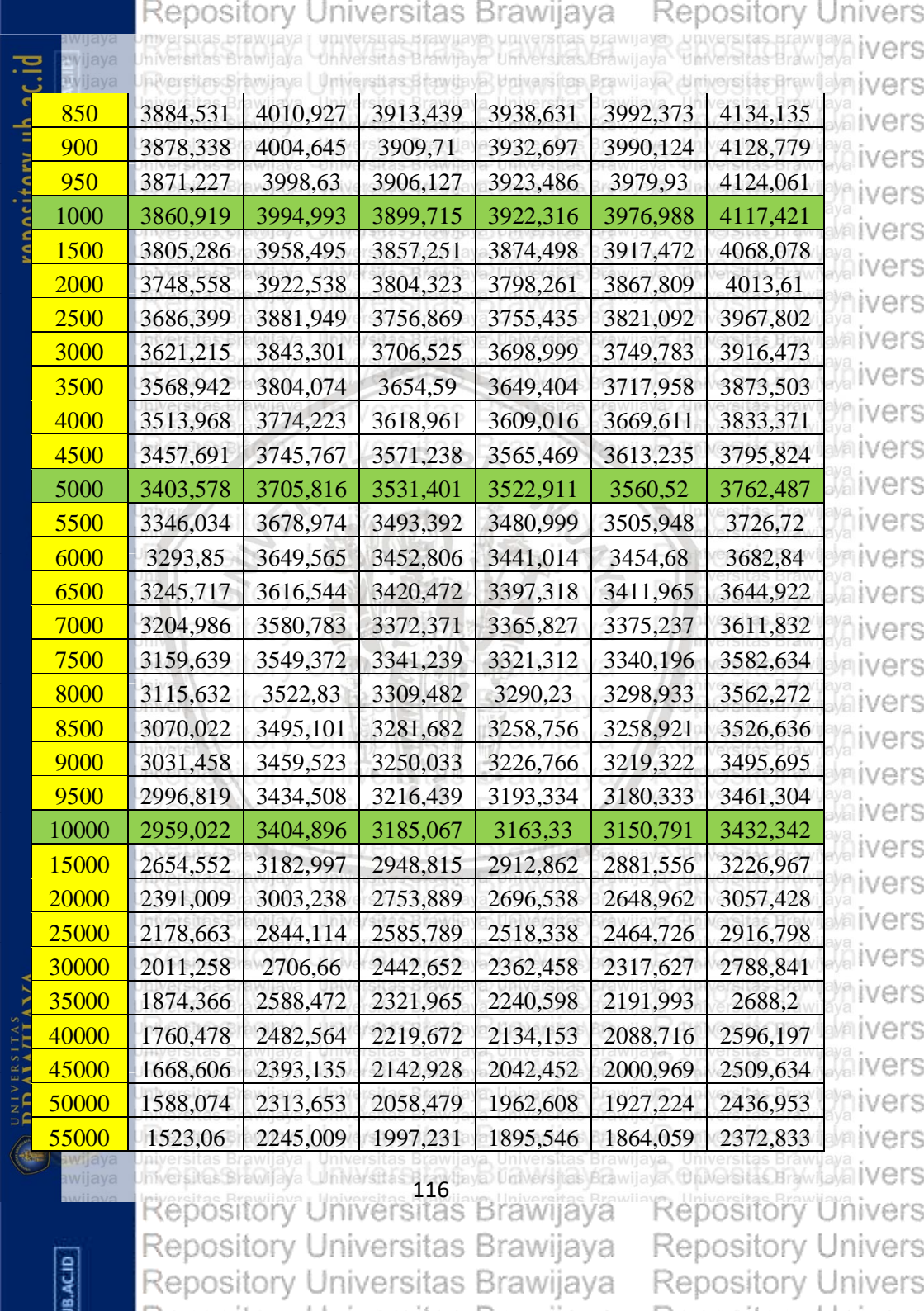
a. Perhitungan impedansi organ hati mencit

	SEMPROTAN					
F	K-	P1	P2	P3	P4	P5
100	4209,155	4217,857	4178,543	4129,491	4121,005	4098,103
150	4165,225	4179,619	4126,516	4075,873	4065,812	4031,878
200	4141,395	4153,81	4102,625	4042,131	4032,9	4001,475
250	4134,447	4139,78	4086,36	4031,398	4012,627	3986,072
300	4120,39	4121,683	4074,989	4018,28	3995,835	3976,159
350	4121,322	4111,648	4066,297	4006,26	3982,418	3965,729
400	4106,144	4109,108	4055,382	3995,491	3967,621	3951,626
450	4104,686	4100,749	4049,578	4001,744	3962,211	3940,402
500	4098,68	4088,713	4043,197	3988,838	3959,846	3930,806
550	4094,458	4084,848	4039,796	3979,214	3952,842	3926,15
600	4088,125	4086,009	4032,267	3975,656	3946,356	3917,621
650	4088,564	4077,129	4021,826	3965,797	3942,028	3908,322
700	4085,854	4065,547	4020,659	3962,195	3930,456	3903,717

750	4079,692	4061,051	4012,957	3956,478	3931,159	3904,908
800	4077,121	4058,859	4006,578	3957,059	3918,507	3896,49
850	4074,465	4050,626	4002,858	3959,501	3922,518	3884,531
900	4070,625	4071,102	3997,79	3952,196	3917,841	3878,338
950	4063,662	4047,195	3993,891	3952,777	3908,693	3871,227
1000	4060,596	4044,114	3982,242	3951,365	3894,683	3860,919
1500	4033,31	3988,174	3932,597	3918,542	3849,623	3805,286
2000	4011,956	3926,481	3886,622	3879,483	3789,363	3748,558
2500	3983,815	3865,254	3842,491	3839,939	3734,045	3686,399
3000	3962,665	3817,017	3793,89	3798,418	3680,845	3621,215
3500	3944,864	3770,559	3746,459	3765,799	3634,376	3568,942
4000	3918,871	3728,228	3705,042	3733,293	3593,499	3513,968
4500	3893,657	3681,205	3658,854	3700,185	3544,2	3457,691
5000	3877,061	3617,7	3613,361	3677,556	3494,256	3403,578
5500	3857,128	3576,725	3568,971	3640,896	3453,417	3346,034
6000	3833,198	3521,171	3524,619	3606,685	3417,087	3293,85
6500	3814,576	3478,243	3479,072	3575,006	3377,135	3245,717
7000	3790,544	3419,198	3432,391	3542,663	3341,73	3204,986
7500	3766,75	3376,504	3392,243	3511,232	3298,68	3159,639
8000	3754,247	3335,189	3355,591	3481,97	3262,753	3115,632
8500	3739,637	3293,84	3315,726	3458,229	3230,709	3070,022
9000	3722,717	3257,811	3278,931	3428,191	3191,173	3031,458
9500	3702,825	3215,143	3246,048	3405,786	3158,121	2996,819
10000	3686,294	3186,641	3211,511	3372,5	3128,22	2959,022
15000	3554,521	2897,725	2954,8	3166,327	2867,857	2654,552
20000	3427,837	2654,053	2723,044	2992,884	2654,247	2391,009
25000	3325,111	2461,287	2531,778	2842,854	2482,645	2178,663
30000	3270,767	2307,398	2375,79	2714,276	2339,19	2011,258
35000	3232,372	2179,371	2243,783	2604,763	2221,648	1874,366
40000	3169,672	2070,238	2132,121	2509,992	2119,07	1760,478
45000	3109,13	1985,205	2037,229	2413,325	2033,852	1668,606

50000	3054,142	1907,549	1954,798	2341,587	1957,481	1588,074
55000	3013,486	1841,256	1882,461	2270,68	1888,636	1523,06
60000	2992,409	1783,334	1818,624	2198,641	1835,23	1464,958
65000	2966,535	1734,384	1764,901	2145,812	1781,957	1412,257
70000	2942,13	1688,474	1714	2091,092	1737,958	1367,486
75000	2912,861	1649,171	1668,738	2040,499	1694,629	1326,643
80000	2881,594	1615,712	1628,818	1997,804	1656,267	1290,04
85000	2856,83	1579,429	1589,833	1953,496	1624,512	1256,958
90000	2827,425	1550,726	1559,558	1913,172	1590,455	1231,986
95000	2794,747	1523,062	1526,391	1875,983	1560,787	1204,227
100000	2773,134	1501,925	1499,479	1843,556	1534,842	1175,795

ANTIOKSIDAN						
F	P5	AO 1	AO 2	AO 3	AO 4	AO 5
100	4098,103	4189,722	4112,876	4101,448	4224,175	4314,408
150	4031,878	4140,794	4057,938	4069,624	4174,194	4264,408
200	4001,475	4106,287	4020,614	4036,418	4135,24	4238,521
250	3986,072	4093,778	4006,751	4012,564	4106,592	4224,405
300	3976,159	4082,966	3988,432	3983,483	4092,268	4212,919
350	3965,729	4068,032	3987,209	3977,086	4085,648	4201,111
400	3951,626	4057,122	3978,993	3970,412	4077,708	4192,727
450	3940,402	4051,805	3972,855	3954,485	4069,134	4183,116
500	3930,806	4047,533	3969,713	3940,104	4054,043	4181,744
550	3926,15	4042,511	3959,247	3928,944	4031,027	4167,887
600	3917,621	4035,345	3944,974	3934,502	4022,82	4164,103
650	3908,322	4026,549	3935,188	3949,229	4027,338	4153,297
700	3903,717	4020,567	3933,021	3956,554	4011,178	4150,482
750	3904,908	4018,575	3919,902	3946,45	4005,743	4146,628
800	3896,49	4010,897	3914,816	3952,171	4001,581	4138,26



850	3884,531	4010,927	3913,439	3938,631	3992,373	4134,135
900	3878,338	4004,645	3909,71	3932,697	3990,124	4128,779
950	3871,227	3998,63	3906,127	3923,486	3979,93	4124,061
1000	3860,919	3994,993	3899,715	3922,316	3976,988	4117,421
1500	3805,286	3958,495	3857,251	3874,498	3917,472	4068,078
2000	3748,558	3922,538	3804,323	3798,261	3867,809	4013,61
2500	3686,399	3881,949	3756,869	3755,435	3821,092	3967,802
3000	3621,215	3843,301	3706,525	3698,999	3749,783	3916,473
3500	3568,942	3804,074	3654,59	3649,404	3717,958	3873,503
4000	3513,968	3774,223	3618,961	3609,016	3669,611	3833,371
4500	3457,691	3745,767	3571,238	3565,469	3613,235	3795,824
5000	3403,578	3705,816	3531,401	3522,911	3560,52	3762,487
5500	3346,034	3678,974	3493,392	3480,999	3505,948	3726,72
6000	3293,85	3649,565	3452,806	3441,014	3454,68	3682,84
6500	3245,717	3616,544	3420,472	3397,318	3411,965	3644,922
7000	3204,986	3580,783	3372,371	3365,827	3375,237	3611,832
7500	3159,639	3549,372	3341,239	3321,312	3340,196	3582,634
8000	3115,632	3522,83	3309,482	3290,23	3298,933	3562,272
8500	3070,022	3495,101	3281,682	3258,756	3258,921	3526,636
9000	3031,458	3459,523	3250,033	3226,766	3219,322	3495,695
9500	2996,819	3434,508	3216,439	3193,334	3180,333	3461,304
10000	2959,022	3404,896	3185,067	3163,33	3150,791	3432,342
15000	2654,552	3182,997	2948,815	2912,862	2881,556	3226,967
20000	2391,009	3003,238	2753,889	2696,538	2648,962	3057,428
25000	2178,663	2844,114	2585,789	2518,338	2464,726	2916,798
30000	2011,258	2706,66	2442,652	2362,458	2317,627	2788,841
35000	1874,366	2588,472	2321,965	2240,598	2191,993	2688,2
40000	1760,478	2482,564	2219,672	2134,153	2088,716	2596,197
45000	1668,606	2393,135	2142,928	2042,452	2000,969	2509,634
50000	1588,074	2313,653	2058,479	1962,608	1927,224	2436,953
55000	1523,06	2245,009	1997,231	1895,546	1864,059	2372,833

60000	1464,958	2183,89	1936,338	1831,591	1802,282	2311,112
65000	1412,257	2125,661	1887,256	1778,287	1751,761	2259,951
70000	1367,486	2071,628	1835,802	1730,58	1705,875	2203,8
75000	1326,643	2023,377	1790,106	1681,854	1667,23	2154,13
80000	1290,04	1977,287	1753,337	1645,387	1633,354	2111,094
85000	1256,958	1937,708	1716,223	1609,233	1597,922	2072,646
90000	1231,986	1900,35	1684,427	1577,287	1567,75	2036,742
95000	1204,227	1868,642	1653,311	1549,529	1543,009	2002,422
100000	1175,795	1835,435	1626,775	1532,672	1517,962	1969,388

b. Perhitungan resistivitas organ hati mencit

Diketahui		Luas (A)	: 0,000007065 m ²	
		Jari-jari (r)	: 0,0015 m	
		Panjang (l)	: 0,002 m	
Perlakuan	Mencit	Resistansi (Ω)	Resistivitas (Ωm)	St. Dev
Kontrol	1	4235	14,9601375	0,166024
	2	4129	14,5856925	
	3	4071	14,3808075	
	4	4275	15,1014375	
	Rata2	4177,5	14,75701875	
P1	1	4089	14,4443925	0,121832
	2	4254	15,027255	
	3	4161	14,6987325	
	4	4140	14,62455	
	Rata2	4161	14,6987325	
P2	1	4010	14,165325	0,139430
	2	4010	14,165325	

	2	4137	14,6139525	
	3	4079	14,4090675	
	4	4240	14,9778	
	5	4058	14,334885	
	Rata2	4104,8	14,500206	
P3	1	3977	14,0487525	
	2	3959	13,9851675	
	3	4158	14,688135	0,211729
	4	4190	14,801175	
	Rata2	4071	14,3808075	
P4	1	4304	15,20388	
	2	4154	14,674005	
	3	4138	14,617485	0,377238
	4	3727	13,1656275	
	5	3845	13,5824625	
	Rata2	4033,6	14,248692	
P5	1	4099	14,4797175	
	2	4079	14,4090675	
	3	3887	13,7308275	0,132331
	4	4012	14,17239	
	5	3992	14,10174	
	Rata2	4013,8	14,1787485	
AO1	1	4169	14,7269925	
	2	4268	15,07671	
	3	4162	14,702265	0,245563
	4	3939	13,9145175	
	Rata2	4134,5	14,60512125	
AO2	1	4300	15,18975	
	2	4035	14,2536375	0,278334
	3	3874	13,684905	
	4	3891	13,7449575	

	5	4123	14,5644975	
	Rata2	4044,6	14,2875495	
AO3	1	4117	14,5433025	0,081931
	2	3994	14,108805	
	3	4092	14,45499	
	4	4045	14,2889625	
	5	4013	14,1759225	
	Rata2	4052,2	14,3143965	
AO4	1	4133	14,5998225	0,226633
	2	4246	14,998995	
	3	4198	14,829435	
	4	3953	13,9639725	
	Rata2	4132,5	14,59805625	
AO5	1	4303	15,2003475	0,261351
	2	4313	15,2356725	
	3	4000	14,13	
	4	4403	15,5535975	
	5	4400	15,543	
	Rata2	4283,8	15,1325235	

c. Perhitungan permitivitas organ hati mencit

Diketahui		Luas (A)	: 0,00007065	$C = \epsilon \frac{A}{d}$
		Jarak (d)	: 0,002 m	
Perlakuan	Mencit	Kapasitansi (F)	Permitivitas (F/m)	St. Dev
	1	9,435E-09	2,67091E-06	4,76723E-07
	2	1,6358E-08	4,63071E-06	
Kontrol	3	9,943E-09	2,81472E-06	
	4	1,4293E-08	4,04614E-06	
	Rata2	1,25073E-08	3,54062E-06	



P1	1	9,563E-09	2,70715E-06	2,38352E-07
	2	1,3179E-08	3,73079E-06	
	3	9,826E-09	2,7816E-06	
	4	1,1566E-08	3,27417E-06	
	Rata2	1,10335E-08	3,12343E-06	
P2	1	9,943E-09	2,81472E-06	1,2914E-07
	2	9,457E-09	2,67714E-06	
	3	9,41E-09	2,66384E-06	
	4	1,1788E-08	3,33701E-06	
	5	9,435E-09	2,67091E-06	
	Rata2	1,00066E-08	2,83723E-06	
P3	1	1,249E-08	3,53574E-06	4,16271E-07
	2	8,605E-09	2,43595E-06	
	3	6,194E-09	1,75343E-06	
	4	1,1869E-08	3,35994E-06	
	Rata2	9,7895E-09	2,77127E-06	
P4	1	7,768E-09	2,19901E-06	2,13725E-07
	2	9,943E-09	2,81472E-06	
	3	1,206E-08	3,41401E-06	
	4	9,197E-09	2,60354E-06	
	5	8,245E-09	2,33404E-06	
	Rata2	9,4426E-09	2,79158E-06	
P5	1	5,805E-09	1,64331E-06	4,47905E-07
	2	1,2451E-08	3,5247E-06	
	3	8,489E-09	2,40311E-06	
	4	1,3347E-08	3,77834E-06	
	5	5,995E-09	1,6971E-06	
	Rata2	9,2174E-09	2,85081E-06	
AO1	1	1,775E-08	5,02477E-06	5,92104E-07
	2	9,175E-09	2,59731E-06	
	3	8,605E-09	2,43595E-06	

	4	1,1788E-08	3,33701E-06	
	Rata2	1,18295E-08	3,34876E-06	
AO2	1	1,1374E-08	3,21982E-06	
	2	1,1869E-08	3,35994E-06	
	3	7,383E-09	2,09002E-06	3,88741E-
	4	4,373E-09	1,23793E-06	07
	5	8,444E-09	2,39038E-06	
	Rata2	8,6886E-09	2,26957E-06	
AO3	1	1,4293E-08	4,04614E-06	
	2	6,814E-09	1,92895E-06	
	3	1,2985E-08	3,67587E-06	4,4872E-
	4	6,439E-09	1,82279E-06	07
	5	1,0566E-08	2,99108E-06	
	Rata2	1,02194E-08	2,60467E-06	
AO4	1	1,0085E-08	2,85492E-06	
	2	1,2985E-08	3,67587E-06	
	3	1,6358E-08	4,63071E-06	5,76519E-
	4	6,812E-09	1,92838E-06	07
	Rata2	1,156E-08	3,27247E-06	
AO5	1	1,4942E-08	4,22987E-06	
	2	1,5553E-08	4,40283E-06	
	3	8,515E-09	2,41047E-06	5,61991E-
	4	1,775E-08	5,02477E-06	07
	5	7,913E-09	2,24006E-06	
	Rata2	1,29346E-08	3,51953E-06	

Lampiran 7 Tabulasi antioksidan

Zat Kandungan	Kulit Manggis	Jintan Hitam	Bawang Dayak	Daun Sirsak	Mengkudu	Cabai
Vitamin C						
Vitamin E						



Vitamin A					
Vitamin B					
Kalsium					
Proiein					
Karbohidrat					
Mineral					
Natrium					
Kalori					
Lemak					
Zat Besi					
Kalium					
Serat					
fosfor					
Seng					
Tembaga					
Selenium					
Betakaroten					
Flavonoid					
Lutein					
Likopen					
Karotenoid					
Xanthone					
Antosianin					
Karoten					
Alkaloid					
Timoquinon					

Lampiran 7 Surat Keterangan Etik Penelitian



KOMISI ETIK PENELITIAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA

KETERANGAN KELAIKAN ETIK "ETHICAL CLEARENCE"

No: 026-KEP-UB-2020

**KOMISI ETIK PENELITIAN (ANIMAL CARE AND USE COMMITTEE)
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
TELAH MEMPELAJARI SECARA SEKSAMA RANCANGAN PENELITIAN YANG
DIUSULKAN, MAKA DENGAN INI MENYATAKAN BAHWA:**

PENELITIAN BERJUDUL : STUDI IMPEDANSI LISTRIK DAN PENGARUH
PEMBERIAN ANTIOKSIDAN DARI DAUN SIRSAK
(*Annona muricata*), JINTAN HITAM (*Nigella sativa*),
BAWANG DAYAK (*Eleutherine bulbosa*) DAN KULIT
MANGGIS (*Garcinia mangostana*) PADA ORGAN
(PARU-PARU, GINJAL, HATI, LIMPA) MENCIT (*Mus
musculus*) YANG TERPAPAR UAP ROKOK ELEKTRIK

PENELITI UTAMA : J.VICA INTAN PRILIANA

ANGGOTA : CINTANIAWATI SURYANTO DIVA KHOIRUNNISA
ERVINDA PUTRI MARDYAN

UNIT/LEMBAGA/TEMPAT : UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DINYATAKAN : LAIK ETIK



Malang, 21 Januari 2020
Ketua Komisi Etik Penelitian
Universitas Brawijaya

Prof.Dr.drh. Aulanni'am, DES.
NIP. 19600903 198802 2 001