

**ANALISIS SIFAT KELISTRIKAN, KANDUNGAN RADIKAL  
BEBAS DAN GAMBARAN MIKROSKOPIS PADA ORGAN  
HATI DARI MENCIT (*Mus musculus*) YANG TERPAPAR  
HAIRSPRAY**

**SKRIPSI**

Oleh :

**Alfiana Wiraningsih  
155090301111004**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2019**







**ANALISIS SIFAT KELISTRIKAN, KANDUNGAN RADIKAL  
BEBAS DAN GAMBARAN MIKROSKOPIS PADA ORGAN  
HATI DARI MENCIT (*Mus musculus*) YANG TERPAPAR  
*HAIRSPRAY***

**SKRIPSI**

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

Oleh :

**Alfiana Wiraningsih  
155090301111004**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2019**









**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**  
**ANALISIS SIFAT KELISTRIKAN, KANDUNGAN RADIKAL**  
**BEBAS DAN GAMBARAN MIKROSKOPIS PADA ORGAN**  
**HATI DARI MENCIT (*Mus musculus*) YANG TERPAPAR**  
**HAIRSPRAY**

Oleh :

**Alfiana Wiraningsih**  
**155090301111004**

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji Skripsi Jurusan  
Fisika Universitas Brawijaya

Pada tanggal.....

**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

**Gancang Saroja, S.Si., M.T.**  
NIP. 19771118 2005011 001

**Mengetahui,**  
**Ketua Jurusan Fisika**  
**Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya**

**Prof.Dr.rer.nat. Muhammad Nurhuda**  
NIP. 19640910 1990021 001



## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Alfiana Wiraningsih  
NIM : 155090301111004  
Jurusan : Fisika  
Penulis Skripsi Berjudul :

**Analisis Sifat Kelistrikan, Kandungan Radikal Bebas dan  
Gambaran Mikroskopis pada Organ Hati dari Mencit (*Mus  
musculus*) yang Terpapar *Hairspray***

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 akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

**Malang, 17 Juni 2019**  
**Yang menyatakan,**

**(Alfiana Wiraningsih)**  
**NIM. 155090301111004**



# **ANALISIS SIFAT KELISTRIKAN, KANDUNGAN RADIKAL BEBAS DAN GAMBARAN MIKROSKOPIS PADA ORGAN HATI DARI MENCIT (*Mus musculus*) YANG TERPAPAR HAIRSPRAY**

## **ABSTRAK**

*Hairspray* merupakan produk kosmetik rambut yang mengandung zat berbahaya yakni *cocamide* DEA. Apabila terjadi penumpukan konsentrasi *cocamide* DEA pada organ hati, maka akan mengaktifasi gugus radikal asam minyak dan bereaksi dengan sel hepatosit. Reaksi tersebut akan mengakibatkan jumlah oksisterol meningkat sehingga konsumsi oksigen dan NADPH akan menurun, yang kemudian akan meningkatkan radikal superoksida ( $\bullet O_2^-$ ) yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kerusakan sel hepatosit mencit melalui sifat-sifat biolistrik yang meliputi resistivitas, konduktivitas, nilai konstanta dielektrik dan impedansi dari organ hati mencit. Pengukuran yang dilakukan akan membandingkan hubungan antara sifat kelistrikan terhadap bertambahnya konsentrasi *hairspray* yang diberikan, sehingga dapat digunakan untuk mengetahui tingkat kerusakan sel hati dari mencit. Hasil penelitian menunjukkan terjadi penurunan nilai dari resistivitas, konstanta dielektrik dan impedansi dari organ hati yang didapatkan serta nilai konduktivitas listrik cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi *hairspray* yang diberikan. Diketahui pula bahwa jenis radikal bebas yang terdapat dalam tubuh akibat masuknya *cocamide* DEA dari *hairspray* adalah anion superoksida ( $\bullet O_2^-$ ) yang merupakan *Reactive Oxigent Species* dalam jumlah berlebih.

Kata kunci : *Hairspray*, *cocamide* DEA, radikal bebas, sifat kelistrikan dan hati



# ANALYSIS OF ELECTRICAL PROPERTIES, FREE RADICALS CONTENT AND MICROSCOPIC IMAGES OF THE LIVER OF MICE (*Mus musculus*) EXPOSED HAIRSPRAY

## Abstract

Hairspray is a cosmetic product for hair containing harmful substances, such as *cocamide* DEA. If there is accumulation of concentrations of *cocamide* DEA in the liver, this will activate the acid radical group in the oil and will react with the cells of the hepatocytes. The reaction will result in an increase in the amount of oxysterols, so that the oxygen and NADPH consumption will decrease, which will increase the superoxide radical ( $\bullet O_2^-$ ) produced. The objective of this study is to analyze the level of cellular damage of hepatocytes in mice through the properties of biolíticos (resistivity, conductivity, dielectric constant and impedance). The measurements made will compare the electrical properties of the increase in hairspray concentration, so that it can be used to determine the level of liver cell damage in mice. The results showed a decrease in the value of the resistivity, the dielectric constant and the impedance obtained as well as the value of the electrical conductivity tend to increase with the increase in the concentration of lacquer for the given hair. It is also known that the type of free radicals contained in the body due to *cocamide* DEA entry from the hairspray is a superoxide anion ( $\bullet O_2^-$ ) which is an excessive amount of reactive species of oxygen.

*Keywords: Hairspray, cocamide DEA, free radicals, electrical and hepatic properties*





## KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Penelitian Tugas Akhir di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang dengan tepat waktu.

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan sebagai salah satu syarat menempuh jenjang perkuliahan S-1 di jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya. Pembuatan laporan penelitian ini tidak lepas dari bantuan dan masukan dari orang-orang yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih atas bimbingan dan bantuan kepada :

1. Bapak Safi'i dan Ibunda Wirantini selaku kedua orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan semangat serta motivasi kepada penulis ketika berada dalam keputusan, serta bapak Saeroji selaku paman tersayang dari penulis yang selalu memberikan inspirasi dan motivasi setiap saat
2. Prof. Dr. rer.nat Muhammad Nurhuda selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Brawijaya
3. Drs. Unggul P Juswono, M.Sc selaku dosen pembimbing I dan Gancang Saroja, S.Si., M.T. selaku dosen pembimbing II yang selalu memberikan nasihat, bimbingan, arahan, masukan dan motivasi dalam pelaksanaan penelitian
4. Firdy Yuana, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang senantiasa memberi semangat dan motivasi kepada penulis dalam melaksanakan penelitian
5. Faidatun Nadhiroh, Fefit Tri Setyo Asih, Winanda Wulandari, Rezeqi Nur baeti, Shynta Karenina, Binti Lailatul Masruroh, Puput Nurjanah dan teman-teman seperjuangan bimbingan "PU Squad" yang selalu memberikan semangat dikala penulis dalam keadaan susah dan senang.
6. Muhammad Machfudh, Arin Siska Indarwatin, Mohammad Febriantoro, Adwi Arifin, Rosyid, Fariz, Radite dan teman-teman SAC selaku sahabat terbaik yang telah memberikan

motivasi, dukungan batin, ceramah, dan hiburan terbaik pada saat penulis butuh motivator hidup dalam proses penulisan tugas akhir ini.

7. Desi Yunita Putri selaku kakak kos terbaik yang selalu memotivasi setiap saat.

Penulis sangat menyadari bahwa naskah laporan penelitian ini masih jauh dari kata sempurna. Sehingga saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan oleh penulis demi perbaikan naskah laporan penelitian ini. Semoga naskah laporan penelitian ini bermanfaat khususnya bagi penulis dan pembaca.

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>BAB I</b> .....	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II</b> .....	<b>5</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 <i>Hairspray</i> .....	5
2.2 Zat yang Terkandung pada <i>Hairspray</i> .....	6
2.2.1 <i>Cocamide diethanolamine (DEA)</i> .....	6
2.2.2 <i>Aminomethyl Propanol (AMP)</i> .....	7
2.2.3 <i>Vinyl Chloride Propellan</i> .....	8
2.3 Mencit.....	9
2.4 Hati .....	10
2.5 Kerusakan Hati .....	12
2.6 Sifat Kelistrikan pada Organ .....	13
2.6.1 Konduktivitas ( $\sigma$ ) .....	14

2.6.2	Resistivitas ( $\rho$ ).....	14
2.6.3	Konstanta Dielektrik.....	16
2.7	Radikal Bebas.....	18
2.8	ESR ( <i>Electron Spin Resonance</i> ).....	19
<b>BAB III</b>	.....	<b>23</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	.....	<b>23</b>
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
3.2	Alat dan Bahan.....	23
3.3	Tahapan Penelitian.....	23
3.4	Cara Kerja.....	25
3.4.1	Aklimatisasi Hewan Coba.....	25
3.4.2	Perlakuan Terhadap Hewan Coba.....	25
3.4.3	Proses Pengambilan Sampel Hati.....	27
3.4.4	Pembuatan Preparat Hati.....	28
3.4.5	Uji Sifat Kelistrikan pada Organ.....	28
3.4.6	Pengamatan Mikroskopis Preparat Organ Hati Mencit.....	31
3.4.7	Pengukuran Jumlah Radikal Bebas pada Hati Mencit.....	31
3.5	Analisa Data.....	32
3.5.1	Uji Sifat Kelistrikan.....	32
3.5.2	Uji Mikroskopis Kerusakan Sel Hati.....	32
3.5.3	Uji Radikal Bebas pada Organ Hati.....	33
<b>BAB IV</b>	.....	<b>35</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	.....	<b>35</b>
4.1	Gambaran Umum Penelitian.....	35
4.2	Data Hasil Penelitian.....	37
4.2.1	Uji Radikal Bebas.....	37
4.2.2	Jumlah Semprot dan Konsentrasi <i>Hairspray</i> dalam <i>Chamber</i> .....	40

4.2.3	Uji Sifat Kelistrikan.....	41
4.2.3	Gambaran Mikroskopis dari Sel Hati Mencit yang Terpapar <i>Hairspray</i> .....	48
4.3	Pembahasan .....	56
4.3.1	Terbentuknya Radikal Bebas pada Organ Hati karena Paparan <i>Hairspray</i> .....	56
4.3.2	Perubahan Sifat Kelistrikan pada Hepar.....	57
<b>BAB V.....</b>		<b>63</b>
<b>PENUTUP.....</b>		<b>63</b>
5.1	Kesimpulan.....	63
5.2	Saran.....	63
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>65</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>69</b>

**[halaman ini sengaja dikosongkan]**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.2 Struktur kimia dari <i>cocamide</i> DEA .....	7
Gambar 2.3 Struktur kimia dari AMP .....	8
Gambar 2.4 Struktur morfologi mencit .....	10
Gambar 2.5 Organ hati .....	11
Gambar 2.6 Hati yang mengalami kerusakan.....	12
Gambar 2.7 Resistivitas suatu material diasumsikan tersebar dalam ruang secara merata .....	15
Gambar 2.8 Proses polarisasi pada bahan dielektrik akibat medan lisrik luar.....	16
Gambar 2.10 Proses bagaimana elektron beresonansi pada tingkat spin.....	19
Gambar 3.2 Aklimatisasi pada hewan coba .....	25
Gambar 3.3 Mencit dipapari <i>hairspray</i> dalam <i>chamber</i> tertutup .....	27
Gambar 3.5 Rangkaian uji sifat kelistrikan menggunakan multimeter	
Gambar 3.5 Rangkaian uji sifat kelistrikan menggunakan LCR meter	
Gambar 3.6 Rangkaian uji sifat kelistrikan menggunakan impedansi meter .....	30
Gambar 3.7 Rangkaian Alat <i>Electron Spin Resonance</i> .....	31
Gambar 4.1 Kurva resonansi DPPH.....	37
Gambar 4.2 Hasil ESR kontrol.....	38
Gambar 4.3 Hasil ESR hati .....	38
Gambar 4.4 Hubungan antara jumlah semprot dengan amplitudo kurva ESR yang dihasilkan.....	39
Gambar 4.5 Gambar grafik hubungan antara dosis semprot dan konsentrasi <i>hairspray</i> .....	41
Gambar 4.6 Grafik yang menjelaskan hubungan antara resistivitas dengan banyaknya dosis semprot yang diberikan.....	42
Gambar 4.7 Grafik yang menjelaskan hubungan antara konduktivitas dengan banyaknya dosis semprot yang diberikan.....	43

Gambar 4.8 Grafik yang menjelaskan hubungan antara konstanta dielektrik dengan banyaknya dosis semprot yang diberikan.....	44
Gambar 4.9 Grafik yang menjelaskan hubungan antara resistivitas dengan banyaknya dosis semprot yang diberikan .....	45
Gambar 4.10 Grafik yang menjelaskan hubungan antara konduktivitas dengan banyaknya dosis semprot yang diberikan.....	46
Gambar 4.11 Grafik yang menjelaskan hubungan antara konstanta dielektrik dengan banyaknya dosis semprot yang diberikan.....	47
Gambar 4.12 Gambar grafik hubungan antara impedansi dengan frekuensi menggunakan Impedansi meter.....	48
Gambar 4.13 Gambar histologi hepar kelompok kontrol (HE, 100x) .....	49
Gambar 4.14 Gambar histologi sel hepar kelompok kontrol (HE, 400x) .....	49
Gambar 4.15 Gambar histologi sel hepar kelompok perlakuan 1 (HE, 400x) .....	50
Gambar 4.16 Gambar histologi sel hepar kelompok perlakuan 2 (HE, 400x) .....	51
Gambar 4.17 Gambar histologi sel hepar kelompok perlakuan 3 (HE, 400x) .....	51
Gambar 4.18 Gambar histologi sel hepar kelompok perlakuan 4 (HE, 400x) .....	52
Gambar 4.19 Gambar histologi sel hepar kelompok perlakuan 5 (HE, 400x) .....	52
Gambar 4.20 Grafik hubungan antara banyaknya dosis yang diberikan dengan kerusakan sel dalam persen .....	54
Gambar 4.21 Struktur kimia <i>cocamide DEA</i> berdasarkan sifatnya ..	56



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai faktro-g.....	21
Tabel 3.1 Pengelompokan hewan uji berdasarkan perlakuan.....	26
Tabel 4.1 Hasil pengukuran kalibrasi DPPH.....	37
Tabel 4.2 Jenis radikal bebas yang terdeteksi pada <i>hairspray</i> .....	38
Tabel 4.3 Tabel skor rata-rata sel hepar yang terpapar <i>hairspray</i> berdasarkan skor penilaian dari metode <i>Manja Roenigk</i> .....	53

**[halaman ini sengaja dikosongkan]**

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Beberapa tahun terakhir, *trend* kecantikan rambut semakin terlihat natural serta simpel. Dalam perkembangannya, masyarakat menggunakan berbagai produk kecantikan rambut salah satunya adalah *hairspray*. *Hairspray* digunakan untuk mengeringkan dengan cepat hasil penataan rambut, baik tahap demi tahap maupun hasilnya secara keseluruhan. *Hairspray* berfungsi mencegah masuknya uap air dari udara ke kulit rambut, sehingga bagian rambut yang sudah ditata, desainnya tidak akan berubah kembali (Kusumadewi, 2013).

*Hairspray* mengandung lebih sedikit air, dan kandungan zat-zat lain seperti *acrilates*, *acrylamides*, *hydroflurocarbon*, *formaldehyde*, beberapa senyawa alkohol, *sodium benzoate*, *cocamide DEA*, *caprimide DEA* dan *methylacrylate* (Puccetti & Thompson, 2017). *Hairspray* jenis aerosol adalah yang paling umum digunakan karena terbuat dari senyawa organik yang mudah menguap atau *volatile organic compounds* (VOC), dengan semprotan yang kuat, halus dan terdistribusi merata (Kusumadewi, 2013).

Dalam penggunaannya, hampir sebagian lebih dari masyarakat tidak menutupi wajahnya dengan masker plastik sebagai penahan dari *hairspray*, sehingga kabut halus yang keluar dapat mengenai mata dan berpotensi terhirup ke paru-paru. *Cocamide DEA* adalah salah satu zat yang terkandung dalam *hairspray* dan dapat menyebabkan kanker (Mathews, 2015). Menurut majalah toksikologi Amerika (*America of college toxicologi*) pada tahun 1996, *cocamide DEA* adalah campuran *etanolida* dan minyak kelapa yang berperan dalam meningkatkan busa dan viskositas dalam produk kosmetik. *Cocamide DEA* adalah surfaktan dan bahan dasar dalam semprotan rambut sehingga bahan-bahan dalam botol dapat disemprotkan keluar dari botol. Apabila zat-zat berbahaya ini masuk ke dalam tubuh, dalam jangka panjang organ-organ dalam tubuh akan mengalami kerusakan bahkan nekrosis (kematian sel) (Burnett et al., 2009).

Mekanisme otak, jantung, ginjal, paru-paru, sistem pencernaan, sistem hormonal, otot-otot dan jaringan lain dalam tubuh manusia

bekerja sesuai dengan sistem kelistrikan. Dengan demikian setiap organ memiliki fungsi yang berbeda-beda termasuk sifat kelistrikannya (Jeong, 2011). Faktor utama yang menentukan sifat listrik dari jaringan adalah pola distribusi saluran ion pada membran sel. Jumlah dan komposisi lipid juga dapat mempengaruhi sifat listrik tubuh manusia dengan bertindak sebagai kapasitor tetapi nilai kapasitansi hampir sama di seluruh sel (Jeong, 2011).

Penggunaan *hairspray* dalam rentang waktu yang lama akan mengakibatkan kerusakan hati karena munculnya metabolit sekunder atau radikal bebas, penurunan jumlah eritrosit dalam darah, sehingga hati tidak dapat sepenuhnya mendetoksifikasi racun dan sistem kelistrikan pada jantung akan terganggu. Diagnosa kerusakan organ pada penelitian terbaru dari berbagai ilmuwan yakni dengan memanfaatkan karakteristik kelistrikan organ. Karakteristik kelistrikan organ yang dapat diamati antara lain: impedansi, kapasitansi, induktansi, konstanta dielektrik dan konduktivitas listrik (Hidayat, S. Widodo, and Saroja 2014).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Bambang Riyanto dan kawan-kawannya (2012) menyebutkan bahwa sifat biolistrik dapat digunakan untuk memprediksi tingkat kesegaran filet ikan nila dan berkorelasi baik dengan parameter kemunduran mutu. Wang et al., (2014) menyebutkan juga bahwa sifat dielektrik filet ikan salmon ternyata sangat dipengaruhi dari komposisi kimia yang terdapat pada tubuh ikan, terutama kandungan lemaknya. Berdasarkan hal tersebut peneliti ingin melakukan penelitian tentang efek paparan *hairspray* terhadap organ hati mencit berdasarkan sifat kelistrikan organ, kandungan radikal bebas dan gambaran mikroskopisnya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah untuk penelitian ini adalah bagaimana pengaruh paparan *hairspray* yang mengandung bahan surfaktan *cocamide DEA* terhadap sifat kelistrikan organ, kandungan radikal bebas dan gambaran mikroskopis pada organ hati dari mencit.

## **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan untuk penelitian yang akan dilakukan adalah usia mencit yaitu 2-3 bulan, berat mencit antara 20 sampai 30 gram dan

jenis kelamin jantan. Kondisi daya tahan imunitas tiap mencit berbeda diabaikan. *Hairspray* yang digunakan adalah *hairspray* dengan tipe-X yang mengandung bahan *cocamide DEA*. Pengamatan yang akan dilakukan hanya meneliti organ sel hepatosit dari mencit yang meliputi kerusakan melalui gambaran mikroskopis, kandungan radikal bebas, dan sifat kelistrikan organnya. Serta analisa untuk kerusakan hati ditinjau dari hasil tes SGOT/SGPT-nya.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini yaitu menganalisis pengaruh paparan *hairspray* yang mengandung bahan surfaktan *cocamide DEA* terhadap sifat kelistrikan organ, kandungan radikal bebas dan gambaran mikroskopis pada organ hati mencit.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui bagaimana pengaruh paparan *hairspray* yang mengandung bahan surfaktan *cocamide DEA* terhadap sifat kelistrikan organ, kandungan radikal bebas dan gambaran mikroskopis pada organ hati. Sehingga masyarakat diharapkan dapat lebih berhati-hati dalam penggunaan *hairspray* agar tidak terkena masalah kesehatan terutama pada bagian organ hati serta mengetahui bagaimana cara penanggulangannya.

**[halaman ini sengaja dikosongkan]**

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *Hairspray*

*Hairspray* merupakan salah satu produk kecantikan rambut yang sangat populer dikalangan masyarakat. *Hairspray* mengandung lebih sedikit air, dan kandungan zat-zat lain seperti *acrilates*, *acrylamides*, *hydrofluorocarbon*, *formaldehyde*, beberapa senyawa alkohol, *sodium benzoate*, *cocamide DEA*, *caprimide DEA* dan *methylacrylate* (Puccetti and Thompson 2017). Senyawa diatas memiliki peranan masing – masing pada *hairspray* seperti PVP yang berguna sebagai bahan perekat, *aminomethyl propanol* sebagai bahan pembuat agar larutan *hairspray* yang telah melalui proses kimia (sediaan) menjadi *aerosol*, *sodium benzoate* dan *formaldehyde* sebagai bahan pengawet, serta *cocamide DEA* sebagai bahan pembuat busa pada larutan *hairspray* (Nachrufani, 2017). Ada dua jenis *hairspray*, *aerosol* (Gambar 2.1) dan *non-aerosol* tetapi yang paling umum digunakan oleh orang saat ini adalah *hairspray* yang terbuat dari senyawa organik yang mudah menguap atau *volatile organic compounds* (VOC), semprotannya kuat, halus dan terdistribusi merata (Kusumadewi, 2013).



**Gambar 2.1** *Hairspray* jenis *aerosol*.

Penggunaan *hairspray* yang berlebihan akan berdampak serius bagi kesehatan tubuh. Terlihat bahwa masyarakat saat ini tidak

menutupi wajahnya dengan masker plastik sebagai pelindung dari *hairspray*, akibatnya kabut halus *hairspray* mengenai mata, wajah kemudian terhirup ke paru-paru dan mengalir terbawa oleh darah yang merugikan kesehatan. Dikutip dari laman berita CNN Indonesia pada tahun 2017 bahwa wanita hamil diperingatkan untuk tidak menggunakan kosmetik rambut seperti *hairspray* dan *shampoo* pewarna rambut karena produk tersebut telah diidentifikasi menyebabkan cacat pada alat kelamin bayi laki-laki atau yang biasa disebut dengan hipospadia.

*Cocamide* DEA adalah salah satu zat pada *hairspray* yang dapat menyebabkan kanker (Dea 1986). Menurut majalah toksikologi Amerika (*America of college toxicologi*) pada tahun 1996, *cocamide* DEA adalah campuran *etanolida* dan minyak kelapa yang berperan dalam meningkatkan busa dan viskositas dalam produk kosmetik. *Cocamide* DEA adalah surfaktan dan bahan dasar dalam semprotan rambut sehingga bahan-bahan dalam botol dapat disemprotkan keluar dari botol. Apabila zat-zat berbahaya ini masuk ke dalam tubuh, dalam jangka panjang organ-organ dalam tubuh akan mengalami kerusakan bahkan nekrosis (kematian sel) (Burnett et al. 2009).

## **2.2 Zat yang Terkandung pada *Hairspray***

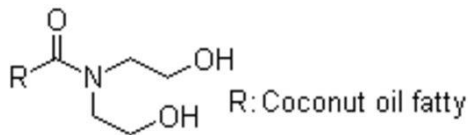
### **2.2.1 *Cocamide diethanolamine* (DEA)**

Bahan kimia yang digunakan pada *hairspray* salah satunya adalah *cocamide diethanolamine* (DEA) (Kusumadewi, 2013). *Cocamide* DEA dan beberapa *diethanolamides* digunakan sebagai peningkat busa surfaktan atau untuk meningkatkan viskositas dalam kosmetik, meskipun beberapa digunakan sebagai pelembut rambut dan kulit (Fiume et al. 2013). Bahan-bahan yang berkaitan dengan DEA digunakan untuk membuat kosmetik *non-aerosol* (krim) atau *aerosol* (busa), atau sebagai pengatur pH untuk mengurangi keasaman bahan-bahan lain. Zat-zat tersebut dapat ditemukan pada *shampoo*, sabun dan produk pembersih.

*Cocamide* DEA (CAS No. 61791-31-g; 68603-42-g) adalah campuran etanol-amida dari asam kelapa (Dea 1986). *Cocamide* DEA memiliki nama umum yakni *Amides*, *coco*, *N,N-Bis(hydroxyethyl)* atau disebut juga dengan *N,N-Bis(hydroxyethyl) coco amides*; *N,N-*



*bis(hydroxyethyl) coco fatty acid amides; cocamide DEA; cocamide diethanolamine; coco fatty acid diethanolamides; coconut DEA; coconut diethanolamides; coconut oil diethanolamides; coconut oil diethanolamine* (Schardt 2012). Gambar 2.2 menunjukkan struktur kimia dari *cocamide* DEA yang memiliki rumus molekul  $C_{18}H_{35}NO_3$ . *Cocamide* DEA memiliki berat molekul 153,13 dengan kelarutan dalam aseton dan etanol 1:2 (Dea 1986).



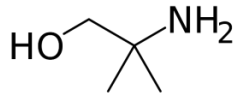
**Gambar 2.2** Struktur kimia dari *cocamide* DEA.

Menurut *International Agency for Research on Cancer* (IARC), *cocamide* DEA merupakan zat yang dapat menyebabkan kanker serta tergolong dalam bahan aktif kelompok 2b. Penggunaan untuk kelompok 2b harus dibatasi karena diidentifikasi dapat menyebabkan kanker pada makhluk hidup (IARC 2012). *Cocamide* DEA diproduksi menggunakan bahan kimia yang disebut dengan *diethanolamine*, tetapi selama proses pembuatan berlangsung beberapa DEA berubah menjadi zat penyebab kanker yang disebut sebagai *nitrosamine* (Dea 1986). DEA bereaksi dengan nitrit dalam kosmetik untuk membentuk *nitrosamine* (J. N. 2015). Hal inilah yang menjadi alasan kenapa penggunaan *hairspray* berbahaya bagi kesehatan.

### 2.2.2 *Aminomethyl Propanol (AMP)*

Zat lain yang terkandung pada *hairspray* adalah *aminomethyl propanol* (AMP) digunakan untuk membuat bahan larutan pada *hairspray* menjadi *aerosol*. AMP juga digunakan sebagai pengemulsi dan sebagai *buffer* untuk menjaga pH dari sediaan yang akan mengontrol kelarutan air dalam *hairspray* sehingga membuat lapisan zat pemlastisnya lebih tahan lama. AMP digunakan pada kurang lebih 853 produk kosmetik, terutama pada semprotan rambut *aerosol* dan *shampoo* pewarna rambut (Burnett et al. 2009).

AMP dikenal juga dengan *2 - Aminoisobutanol 2 - Amino -2- methyl -1- propanol, 2 - Hydroxymethyl - 2 - propylamine Isobutanolamine 1-Propanol, 2-amino-2-methyl*. Pada Gambar 2.3 menjelaskan tentang struktur kimia dari AMP yang memiliki berat molekul 89,14 dengan deskripsi fisik sebagai berikut : a) cairan atau kristal tak berwarna, b) kristal tidak berbau, tetapi cairannya memiliki sedikit bau amina serta memiliki densitas uap sebesar 3.04 (Burnett et al. 2009).



**Gambar 2.3** Struktur kimia dari AMP.

AMP dianggap aman jika digunakan pada tingkat konsentrasi di bawah 2%. Akan tetapi banyak produk rambut yang membutuhkan pengatur pH yang lebih kuat seperti *hairspray*, pewarna rambut atau pelurus rambut, sehingga dalam pembuatannya akan memerlukan konsentrasi yang lebih tinggi. Konsentrasi yang berlebih ini dapat menyebabkan iritasi dan menimbulkan resiko yang lebih besar lainnya (WHO, 2008).

### **2.2.3 Vinyl Chloride Propellan**

*Vinyl chloride* dikenal juga sebagai *kloroetena, kloroetilena, etilena monoklorida* atau *monokloroetilena*. Pada suhu kamar *vinyl chloride* akan mudah terbakar, tidak stabil pada suhu tinggi dan tidak berwarna. *Vinyl chloride* memiliki bau yang ringan dan manis serta terdapat sekitar 3000 ppm di udara, sehingga partikel-partikel dari *vinyl chloride* ini dapat masuk ke dalam tubuh melalui pori-pori kulit. Pada tingkat rendah (< 20 ppm) sebagian dari *vinyl chloride* yang terhirup atau telah masuk ke dalam darah akan menyebar ke seluruh tubuh. Zat *vinyl chloride* ini akan menjadi berbahaya ketika bereaksi dengan zat kimia dalam tubuh kita. Apabila *vinyl chloride* masuk ke dalam sel-sel haptosit maka akan menyebabkan kerusakan pada hati (*angiosarcoma*), *leukimia*, kanker otak dan paru-paru (Office of Environmental Health Hazard Assessment California Environmental Protection Agency 2000).

*Hairspray* mengandung bahan kimia dari *vinyl chloride* yang berfungsi sebagai propelan di kaleng *aerosol*. Seperti yang telah

diketahui bahwa propelan berfungsi memberikan tekanan yang dibutuhkan untuk mengeluarkan bahan dari wadah ke bentuk fisik yang diinginkan, dalam hal ini adalah *aerosol* yang berupa kabut halus (Kusumadewi, 2013).

### **2.3 Mencit**

Mencit (*Mus musculus*) adalah hewan model percobaan yang paling disukai bagi para peneliti yang sedang mempelajari perkembangan hewan vertebrata, khususnya perkembangan mamalia (Jl, 2006). Mencit termasuk ke dalam *phylum Chordata* dengan kelas mamalia serta memiliki ordo *Rodentia*, masih termasuk juga ke dalam *family Muridae* dan *genus* serta spesies *Mus musculus*. Mencit sering digunakan dalam penelitian dengan pertimbangan hewan tersebut memiliki beberapa keuntungan yaitu daur estrusnya teratur dan dapat dideteksi, periode kehamilannya relatif singkat, dan mempunyai anak yang banyak serta terdapat keselarasan pertumbuhan dengan kondisi manusia (Akbar 2010).

Morfologi mencit kecil dan tampak praktis, sehingga dalam ruangan yang relatif kecil dapat dipelihara atau digunakan untuk penelitian dalam jumlah banyak (Gambar 2.4). Disamping itu konsumsi makanannya relatif tidak banyak dibandingkan hewan lain. Dari segi reproduksi, mencit berkembangbiak dalam waktu yang relatif singkat, sehingga keturunannya dapat diperoleh dalam waktu singkat pula. Dari sifat-sifat dasar yang dimilikinya itu, maka penggunaannya sebagai hewan percobaan dapat memberikan beberapa keuntungan misalnya dalam hal tempat, waktu, tenaga dan biaya (Setijono 1985).

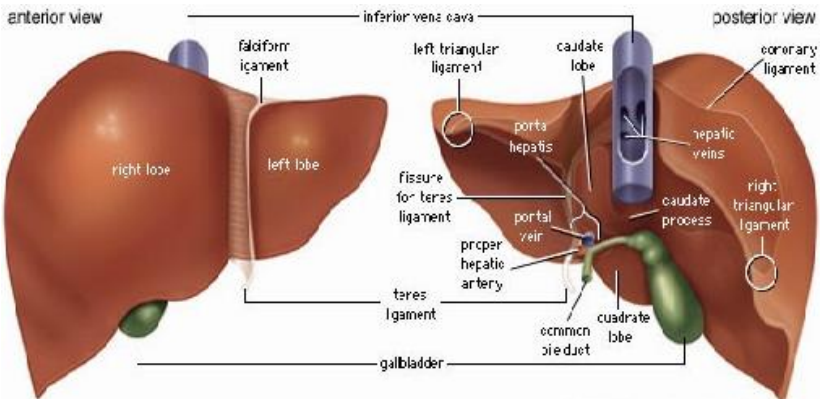


**Gambar 2.4** Struktur morfologi mencit.

Selain alasan diatas, mencit memiliki organ yang lengkap seperti pada manusia. Mencit memiliki ciri-ciri berupa bentuk tubuh kecil, berwarna putih, memiliki siklus estrus teratur yaitu 4-5 hari. Kondisi ruang untuk pemeliharaan mencit harus senantiasa bersih, kering dan jauh dari kebisingan. Suhu ruang pemeliharaan juga harus dijaga kisarannya antara 18-19°C serta kelembaban udara antara 30-70% (Akbar 2010).

## **2.4 Hati**

Hati merupakan organ penting dalam proses metabolisme dalam tubuh yang juga tergolong organ terbesar dengan berat sekitar 1,5 kg atau sekitar 2% berat badan orang dewasa. Hati terbagi menjadi beberapa bagian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5. Hati terdiri dari dua lobus utama yakni kanan dan kiri. Lobus utama paling kiri adalah yang lebih kecil yakni sekitar seperenam massa seluruh organ. Lobus kanan yang lebih besar memiliki dua lobus terlampir, bagian lobus kanan yang berdekatan dengan lobus kiri pada permukaan inferior dan posteriornya dapat dibagi lagi menjadi lobus kaudatus dan kuadrat (Sear 1992).



© 2003 Encyclopædia Britannica, Inc.

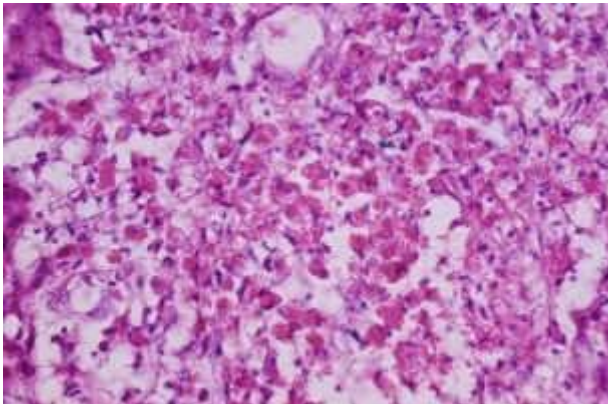
**Gambar 2.5** Organ hati.

Menurut Baradero (2008), saluran-saluran hati terdiri dari arteria hepaticum yang merupakan salah satu cabang dari arteria seliaka dari aorta. Arteri ini menyuplai darah ke hati. Vena porta hepatica membawa darah vena dari seluruh traktus gastrointestinal ke hati. Darah ini mengandung zat-zat makanan yang diserap oleh vili usus halus. Vena hepatica membawa darah vena dari hati ke vena inferior.

Hati memiliki keterkaitan dengan sistem organ lainnya seperti terlibat dalam proses pencernaan atau digesti, metabolisme, sistesis nutrien dan detoksifikasi obat serta zat-zat kimia. Keterkaitan antar organ ini dikarenakan fungsi utama hati adalah untuk menerima serta mengolah zat kimia (nutrien) yang diabsorpsi dari saluran gastrointestinal sebelum disebarkan ke jaringan lain. Darah kaya akan nutrien kemudian akan dialirkan menuju hati. Sel-sel hati akan menghilangkan asam amino, lemak, glukosa, dan racun dari darah untuk dapat diproses pada tahap selanjutnya. Hati juga berperan penting dalam metabolisme karbohidrat, protein, dan lemak. Semua protein plasma (kecuali gama globulin) disintesis oleh hati. Protein tersebut antara lain albumin, protrombin, dan faktor pembekuan lainnya (Lippincott 2002).

## 2.5 Kerusakan Hati

Hati merupakan tempat utama metabolisme obat yang disebut juga sebagai biotransformasi dan hasil akhir dari reaksi ini berupa substansi yang tidak aktif dan lebih larut dalam air, sehingga cepat diekskresi melalui empedu dan urin. Setiap gangguan hati dapat menghambat fungsi normal tubuh (Indahsari, 2017). Hati merupakan organ pertama yang dicapai oleh obat-obatan dan zat lain yang diabsorpsi usus melalui vena porta, disebutkan bahwa hati adalah tempat utama metabolisme dan detoksifikasi obat. Sehingga hati merupakan salah satu organ yang paling mudah mengalami kerusakan ketika terpapar zat kimia. Hati yang telah kehilangan fungsinya (mengalami kerusakan) ditunjukkan oleh Gambar 2.6 berikut.



**Gambar 2.6** Hati yang mengalami kerusakan.

Kerusakan hati karena zat toksik dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis zat kimia, dosis yang diberikan, dan lamanya paparan zat tersebut seperti akut, subkronik atau kronik. Semakin tinggi konsentrasi suatu senyawa yang diberikan maka respon toksik yang ditimbulkan semakin besar. Kerusakan hati berhubungan erat dengan pendarahannya dan susunan unit fungsional hati terkecil yang disebut sebagai asinus hati (Rizkiani 2009).

Deteksi awal penyakit hati dilakukan melalui tes fungsi hati. Tes fungsi hati ini diklasifikasikan menjadi tiga, pertama tes kapasitas hati, tes ini bertujuan untuk mengangkut anion organik dan

memetabolisme obat. Tes yang kedua mendeteksi kerusakan pada hepatosit yakni tes enzim serum. Tes kapasitas biosintesis hati seperti, albumin, prealbumin dan lain lain. AST atau *aspartat aminotransferase* yang biasa disebut dengan SGOT atau *Serum Glutamat Oksaloastat Transaminase* merupakan enzim hati yang berada dalam sel parenkim hati, sel darah, sel jantung dan sel otot. Oleh karena itu, peningkatan pada AST tidak selalu menunjukkan adanya kelainan di sel hati. ALT atau *alanin aminotransferase* disebut juga sebagai SGPT atau *Serum Glutamat Piruvat Transaminase* merupakan enzim dalam sel hati. Jika terjadi kerusakan hati, enzim ALT akan keluar dari sel hati menuju sirkulasi darah. Kadar normal AST dalam darah sekitar 5–40 U/L dan kadar normal ALT dalam darah sekitar 5–35 U/L (Toolkit 2013).

Menurut Toolkit (2013), ketika dilakukan tes deteksi fungsi hati dan hasilnya terjadi peningkatan kadar enzim SGPT dan SGOT, maka sudah dipastikan bahwa seseorang tersebut mengalami gangguan fungsi hati. Gangguan fungsi hati tersebut seperti gangguan *kolestasis* (sumbatan aliran empedu) yang dapat diketahui dari peningkatan nilai *Alkaline phosphatase* (ALP), *Gamma-Glutamyl Transferase* (GGT), dan Bilirubin. Sementara tingkatan kerusakan pada hati dapat dinilai dari penurunan kadar Albumin Serum dan pemanjangan *Prothrombin Time* (PT).

## **2.6 Sifat Kelistrikan pada Organ**

Komponen utama di dalam tubuh kita adalah air, garam (atau ion lainnya) dan beberapa bahan kimia organik seperti protein, lipid dan lain sebagainya (Jeong 2011). Komponen-komponen ini menunjukkan karakteristik listrik yang berbeda. Sifat kelistrikan suatu bahan biologis dinamakan biolistrik. Biolistrik adalah karakteristik kelistrikan dari sel atau jaringan yang dihasilkan oleh berbagai peristiwa pada makhluk hidup yang dipengaruhi oleh senyawa metabolisme pada makhluk hidup dan pertukaran ion yang terjadi. Sebenarnya arus yang mengalir dalam komponen tubuh manusia tidak disebabkan oleh pergerakan elektron, tetapi disebabkan oleh ion yang terlarut dalam air (Jeong 2011).

Faktor utama yang menentukan sifat listrik dari jaringan adalah pola distribusi saluran ion pada membran sel. Jumlah dan komposisi lipid juga dapat mempengaruhi sifat listrik pada tubuh manusia

dengan bertindak sebagai kapasitor tetapi nilai kapasitansi hampir sama di seluruh sel (Jeong 2011). Sebagian besar bahan biologis merupakan dielektrik dan memiliki karakteristik biolistrik yang ditentukan oleh banyak variabel, misalnya: frekuensi, kelembaban, kerapatan, berat jenis bahan, temperatur, dimensi dari bahan, faktor dielektrik dan komposisi bahan. Karakteristik biolistrik yang dapat diamati antara lain: impedansi, kapasitansi, induktansi, konstanta dielektrik dan konduktivitas listrik (Hidayat, S. Widodo, and Saroja 2014).

### 2.6.1 Konduktivitas ( $\sigma$ )

Konduktivitas listrik adalah kemampuan suatu bahan dalam menghantarkan arus listrik. Jika suatu beda potensial listrik ditempatkan pada ujung-ujung sebuah konduktor, maka muatan-muatan di dalamnya akan bergerak dan berpindah, sehingga menimbulkan arus listrik. Mengacu pada Gambar 2.8, nilai konduktivitas listrik bahan didapatkan menggunakan persamaan (2.1) berikut ini.

$$\sigma = \frac{l}{RA} \quad (2.1)$$

Dengan,

$\sigma$  = konduktivitas ( $\Omega^{-1} \cdot m^{-1}$ )

$l$  = panjang bahan (m)

$R$  = Resistansi (hambatan) ( $\Omega$ )

$A$  = luas penampang melintang ( $m^2$ )

Karakteristik suatu logam adalah memiliki konduktivitas listrik yang tinggi karena elektron bergerak dengan mudah melalui kisi. Konduktivitas timbul karena elektron mudah bergerak dalam kisi, dan tahanan terjadi akibat hamburan gelombang oleh sebarang ketidakteraturan dalam susunan kisi (Smallman & Bishop, 1999).

### 2.6.2 Resistivitas ( $\rho$ )

Resistivitas atau hambatan jenis merupakan kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik yang bergantung terhadap besarnya medan listrik dan kerapatan arus. Untuk bahan konduktor, maka resistivitasnya berbanding lurus dengan suhu. Tetapi pada suhu



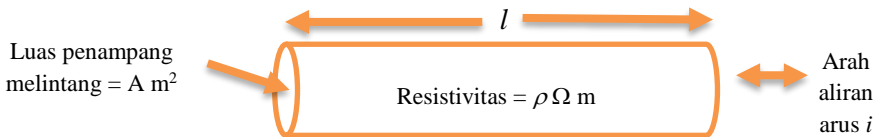
mendekati nol absolut (0 K), resistivitas bahan konduktor juga mendekati nol (Giancolli, 2014).

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \quad (2.2)$$

Dimana,

$\rho$  = resistivitas suatu bahan ( $\Omega \cdot m$ )  
 $\sigma$  = konduktivitas suatu bahan ( $\Omega^{-1} \cdot m^{-1}$ )

Resistivitas digambarkan menggunakan simbol  $\rho$ , merupakan ukuran dari sukar tidaknya elektron bergerak di dalam suatu material tertentu. Nilai resistansi ditentukan oleh dua buah faktor yaitu (1) resistivitas inheren material dan geometris divais (Giancolli, 2014). Resistivitas dari suatu objek diperoleh dengan mengalikan resistansinya dengan panjang  $l$  dari resistor dan membaginya dengan luas penampang melintang ( $A$ ) sebagaimana diilustrasikan melalui Gambar 2.7 berikut.



**Gambar 2.7** Resistivitas suatu material diasumsikan tersebar dalam ruang secara merata.

Nilai resistivitas suatu benda dapat dicari menggunakan persamaan (2.3) berikut ini

$$\rho = \frac{R A}{l} \quad (2.3)$$

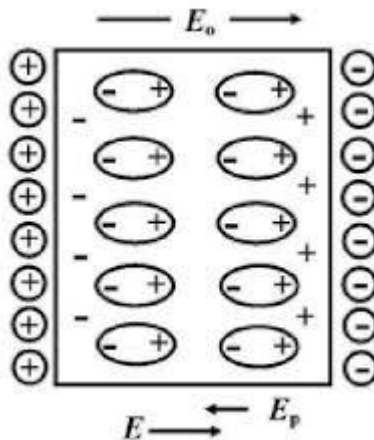
Dengan,

$\rho$  = Resistivitas ( $\Omega \cdot m$ )  
 $R$  = Resistansi ( $\Omega$ )  
 $A$  = Luas penampang melintang ( $m^2$ )  
 $l$  = panjang benda ( $m$ )

### 2.6.3 Konstanta Dielektrik

Kapasitor adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi listrik dalam bentuk medan listrik. Nilai kapasitansi sebuah kapasitor pada umumnya ditentukan oleh bahan dielektrik yang digunakan (Viridi 2010). Dielektrik merupakan bahan yang memiliki daya hantar sangat kecil atau bahkan tidak ada. Bahan dielektrik termasuk isolator yang baik dikarenakan tidak memiliki elektron-elektron yang bebas bergerak di seluruh bahan (Fauzah 2014).

Molekul dielektrik akan menghasilkan medan magnet lain yang arahnya berlawanan dengan medan listrik luar. Dielektrik akan melemahkan medan listrik yang timbul diantara muatan positif dan negatif pada pelat kapasitor. Molekul polar yang terdistribusi secara acak pada bahan dielektrik akan menyearahkan diri menuju medan listrik luar seperti terlihat pada Gambar 2.8 berikut.



**Gambar 2.8** Proses polarisasi pada bahan dielektrik akibat medan listrik luar.

Penempatan sebuah dielektrik padat diantara pelat-pelat kapasitor memiliki tiga fungsi utama yakni agar kedua logam yang terpisah dalam jarak tertentu tidak saling menyentuh. Kedua, penggunaan dielektrik akan menambah selisih potensial  $V$  yang lebih tinggi diantara pelat-pelat kapasitor sehingga akan menyimpan jumlah

muatan dan energi yang lebih besar. Ketiga, adanya material dielektrik akan memperbesar kapasitansi sebuah kapasitor daripada hanya ada ruang hampa (Dwi 2014).

Apabila ruang diantara pelat-pelat kapasitor diisi oleh material dielektrik (Gambar 2.9), maka perbandingan  $C$  terhadap  $C_0$  disebut konstanta dielektrik, sehingga dapat dituliskan seperti pada persamaan (2.4) berikut:

$$K = \frac{C}{C_0} \quad (2.4)$$

Apabila muatan itu bernilai konstan,  $Q = C_0 V_0 = CV$  dan  $\frac{C}{C_0} = \frac{V}{V_0}$ . Sehingga persamaan (2.4) menjadi persamaan (2.5) berikut ini.

$$V = \frac{V_0}{K} \quad (2.5)$$

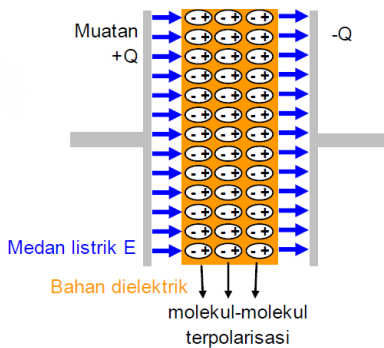
Dimana,

$C$  = Kapasitansi (Farad)

$C_0$  = Kapasitansi awal (Farad)

$K$  = faktor  $K$  (konstanta dielektrik material)

Dengan adanya material dielektrik, selisih potensial untuk sebuah muatan  $Q$  yang diberikan direduksi oleh sebuah faktor  $K$  (Giancoli, 2014).



**Gambar 2.9** Pelat kapasitor yang diisi material dielektrik.

Sehingga nilai konstanta dielektrik dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.6) berikut ini

$$\epsilon' = \frac{\bar{C} d}{\epsilon_0 A} \quad (2.6)$$

Dimana,

- $\epsilon'$  = konstanta dielektrik
- $\epsilon_0$  = permitivitas vakum ( $8.854 \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$ )
- $\bar{C}$  = Kapasitansi rata-rata (F)
- $A$  = Luas penampang bahan ( $\text{m}^2$ )
- $D$  = Lebar pelat (m)

## 2.7 Radikal Bebas

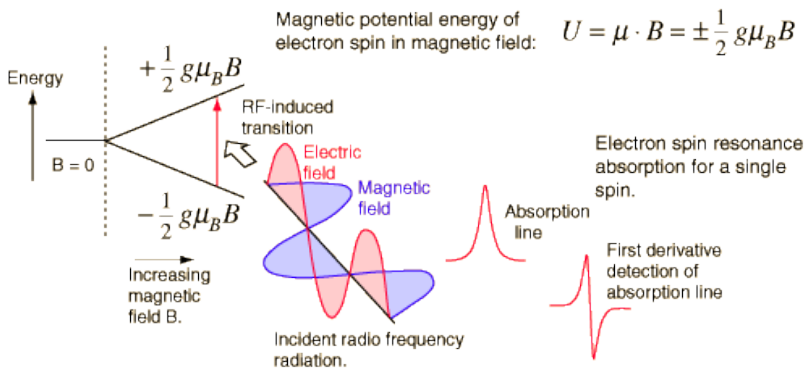
Radikal bebas merupakan produk sampingan dari pembentukan energi selama proses metabolisme tubuh. Oksidasi lemak, karbohidrat, dan protein menghasilkan ATP (*Adenosine triphosphate*) juga diperoleh anion superoksida dan hidroksil radikal yang biasa kita kenal sebagai radikal bebas. Selain dihasilkan melalui proses metabolisme dalam tubuh, radikal bebas juga dapat terbentuk melalui aktivitas pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor, merokok, penggunaan kosmetik dan paparan sinar UV juga mampu merubah elektron setimbang dalam atom menjadi bersifat radikal (Syarifah, 2014).

Radikal bebas terbentuk secara *in-vivo* dan *in-vitro* melalui pemecahan satu molekul normal litik menjadi dua yang memerlukan energi tinggi, kehilangan satu elektron dari molekul normal, dan penambahan elektron pada molekul normal. Aktivasi oksigen membuat oksigen bersifat radikal bebas yang biasa dikenal dengan anion superoksida ( $\text{O}_2^\bullet$ ). Secara *in-vitro*, radikal ini membentuk senyawa kompleks dengan senyawa organik yang bergantung dengan sifat permukaan membran, muatan listrik, sifat ikatan makromolekul, adanya enzim dan katalis. Selain terdapat dalam tubuh, radikal bebas juga banyak terdapat di lingkungan yang berasal dari logam, kosmetik, asap kendaraan bermotor, bahan beracun, asap rokok, radiasi matahari, polusi udara maupun bahan adiktif (Rahma, 2016).

## 2.8 ESR (*Electron Spin Resonance*)

ESR (*Electron Spin Resonance*) merupakan suatu teknik yang digunakan untuk mengetahui senyawa yang memiliki elektron tidak berpasangan seperti radikal bebas organik maupun anorganik yang memiliki ion logam transisi (Syarifah, 2014). Radikal bebas pada umumnya memproduksi elektron yang tidak berpasangan yang dihasilkan oleh kerusakan radiasi dari radiasi pengion. ESR digunakan sebagai karakterisasi ion logam transisi dalam kisi dan koordinat permukaan untuk atom oksigen (Weckhuysen, Heidler, and Schoonheydt 2004).

Gambar 2.10 menjelaskan bahwa interaksi antara medan magnet dengan spin elektron tergantung pada momen magnetik spin. Interaksi antara momen magnetik elektron dan medan magnet yang digunakan akan membagi tingkat energi spin (*Zeeman splitting*), dan transisi antara tingkat spin. Kemudian diinduksikan gelombang RF (*Radio Frequency*) yang menyebabkan transisi elektron dari satu keadaan ke keadaan lainnya dengan kata lain elektron akan mengalami eksitasi dan deeksitasi. Keadaan ini menyebabkan elektron beresonansi pada tingkat spin sehingga ketika elektron mengalami deeksitasi akan memancarkan radiasi RF .



**Gambar 2.10** Proses bagaimana elektron beresonansi pada tingkat spin.

Penentuan jenis radikal bebas yang terdapat pada sampel didapat dengan melakukan perhitungan medan magnet (B) dan nilai faktor-g.

Besar medan magnet dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (2.7) berikut ini:

$$B = \frac{\mu_0 I n}{4\pi r} \quad (T) \quad (2.7)$$

Dimana :

- $\mu_0$  = 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 ( $B$ ) tersebut dapat digunakan untuk menentukan nilai faktor-g dengan menggunakan persamaan (2.8) berikut ini:

$$g = \frac{hf}{\mu_B B} \quad (2.8)$$

Dengan,

- $\mu_B$  = magneton Bohr ( $9,274078 \times 10^{-24}$  Am<sup>2</sup>)
- $h$  = konstanta Plank ( $6,625 \times 10^{-34}$  Ws<sup>2</sup>)
- $f$  = frekuensi resonansi (Hz)
- $B$  = medan magnet luar (T)
- $g$  = 2.0023, elektron *g-factor* atau *Landé-factor*

Menurut Selly dan kawan-kawannya (2014) setiap atom atau molekul yang bersifat radikal memiliki nilai faktor-g yang berbeda-beda, sehingga kandungan radikal bebasnya dapat diuji. Nilai faktor-g ditentukan oleh frekuensi presisi dari elektron yang tidak berpasangan pada suatu molekul. Nilai faktor-g dari radikal bebas digambarkan pada Tabel 2.1 sebagai berikut :

**Tabel 2.1** Nilai faktor-g.

No	Nama Radikal	Nilai g Faktor
1	O <sub>2</sub>	1.501
2	Hydroxyl	2.00047
3	Helium	2.002
4	Methanol	2.00205
5	Methyl	2.00255
6	Free Radikal	2.00232
7	Peroxy	2.0155
8	Alkoxy	2.00197
9	Alkyl	2.00206
10	DPPH	2.0036
11	Karbondioksida	2.0007
12	SO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2.0037
13	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1.9976
14	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>	2.0356
15	Ethyl	2.0044
16	Carbon	2.005
17	Hg	4.0 – 4.5
18	YbaCuO 23 x - 7	2.24
19	CuGeO <sub>3</sub>	2.154
20	Cu-HA	2.289 – 2.296

**[halaman ini sengaja dikosongkan]**



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

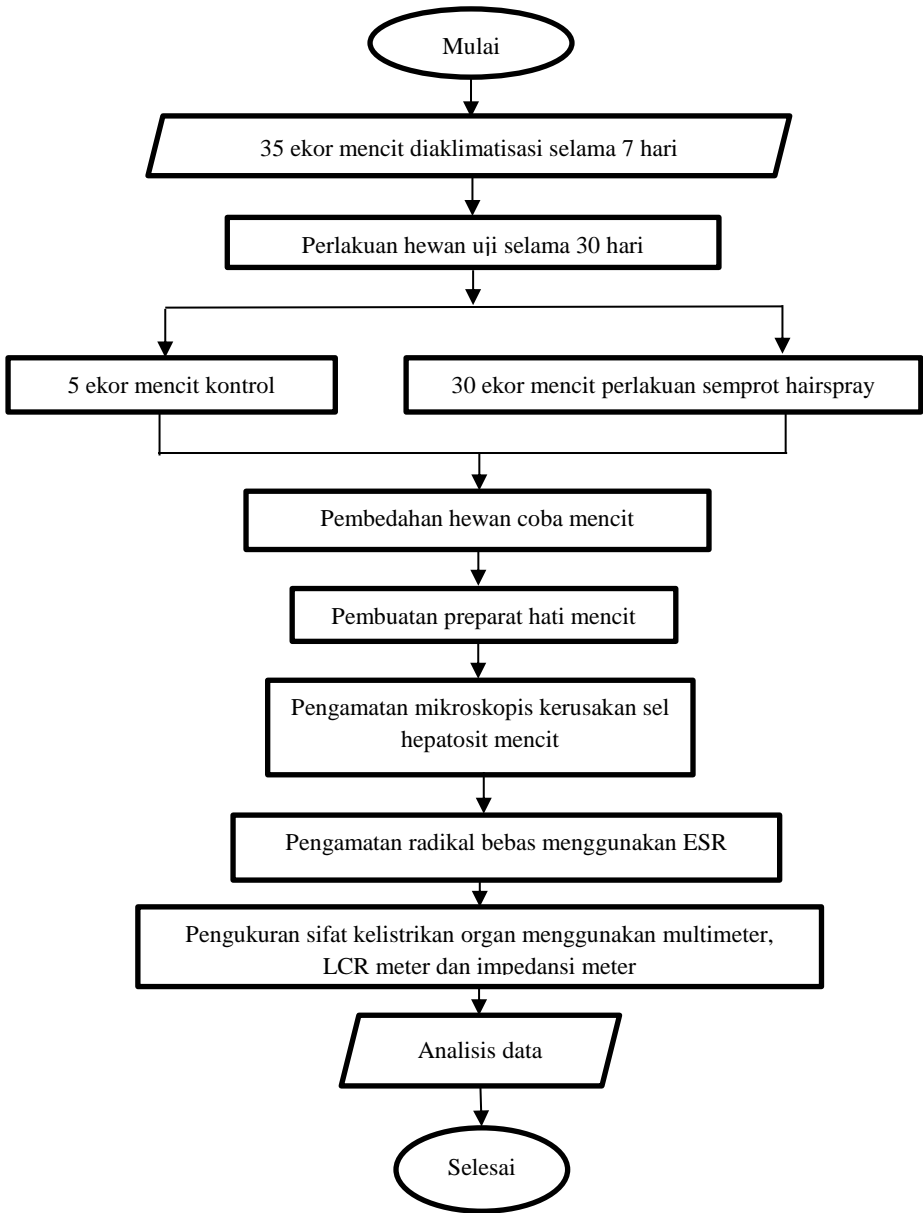
Penelitian dilakukan pada bulan November 2018 sampai bulan Februari 2019 yang bertempat di Laboratorium Fisika Lanjutan Fakultas MIPA Universitas Brawijaya dan Laboratorium Fisiologi Hewan serta Laboratorium Optik Jurusan Biologi Fakultas SAINTEK Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya *chamber* ukuran 25 cm x 30 cm x 25,3 cm, kandang mencit, timbangan digital, ESR (*Electron Spin Resonance*), seperangkat alat bedah, sarung tangan, masker, *slide glass*, mikroskop *binokuler olympus Cx 31*, multimeter tipe SP-9205A, LCR meter, impedansi meter, kawat tembaga, kabel tunggal, akrilik dan penggaris. Sedangkan bahan yang digunakan adalah mencit jantan berusia 2-3 bulan sebanyak 35 ekor dengan berat 20-30 gram, pewarna He (*Hematoxyline Eosine*), *Phosphate Buffered Saline* (PBS), aquades, formalin, alkohol 70%, kertas label, *tissue* dan *hairspray* tipe aerosol.

#### **3.3 Tahapan Penelitian**

Tahapan penelitian yang dilakukan disajikan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 3.1 berikut ini.



**Gambar 3.1** Tahapan penelitian.

### 3.4 Cara Kerja

#### 3.4.1 Aklimatisasi Hewan Coba

Mencit dipelihara pada kandang yang sudah dipersiapkan terlebih dahulu bersama tempat makan, tempat minum dan pakannya seperti terlihat pada Gambar 3.2 dibawah. Sebanyak 35 ekor hewan coba mencit berusia 2-3 bulan dengan berat 20-30 gram dimasukkan ke dalam kandang plastik yang telah disiapkan. Mencit ini akan diaklimatisasi terlebih dahulu dengan lingkungan dalam *chamber*. Penimbangan berat badan mencit dilakukan setelah aklimatisasi. Keadaan selama aklimatisasi dan perlakuan di kontrol pada kisaran lingkungan yang tetap dengan tujuan agar hewan uji mampu beradaptasi dengan kondisi yang akan ditempati selama percobaan. Selama percobaan suhu ruangan berkisar antara 23<sup>0</sup>C-27<sup>0</sup>C. Makanan yang diberikan berupa BR-2 sebanyak 5 gram/ekor mencit dan minum berupa air jernih yang diberikan secara *ad libitum* (sesuai dengan selera).



**Gambar 3.2** Aklimatisasi pada hewan coba.

#### 3.4.2 Perlakuan Terhadap Hewan Coba

Perlakuan terhadap hewan coba ini dilakukan dengan 2 cara, perlakuan kontrol (K) dan perlakuan semprot *hairspray* (PS). Selanjutnya 35 mencit dibagi menjadi 2 kelompok besar berdasarkan perlakuannya seperti yang terlihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Pengelompokan Hewan Uji berdasarkan Perlakuan.

TAHAP	Label	Kelompok Perlakuan	Jumlah Mencit	Perlakuan Semprot
(I)	K	Kontrol	10 ekor mencit	x
	PS	Perlakuan semprot 1 kali	5 ekor mencit	√
		Perlakuan semprot 2 kali	5 ekor mencit	√
		Perlakuan semprot 3 kali	5 ekor mencit	√
		Perlakuan semprot 4 kali	5 ekor mencit	√
		Perlakuan semprot 5 kali	5 ekor mencit	√

Pemberian *hairspray* dengan beberapa variasi semprotan yakni sebanyak 1,2,3,4 dan 5 semprotan untuk masing-masing *chamber* selama 20 menit. Proses penyemprotan dilakukan selama 30 hari dengan ketentuan satu kali perlakuan semprot perhari. Proses penyemprotan *hairspray* dilakukan dengan cara mencit dimasukkan kedalam *chamber* dan di tutup agar tidak ada aliran udara yang keluar masuk. Gambar 3.3 menjelaskan bahwa *chamber* di semprot dengan *hairspray* lewat lubang kecil dari bagian samping, lalu di tutup rapat.

Setelah 20 menit, *chamber* di buka dan mencit di kembalikan ke kandangnya.



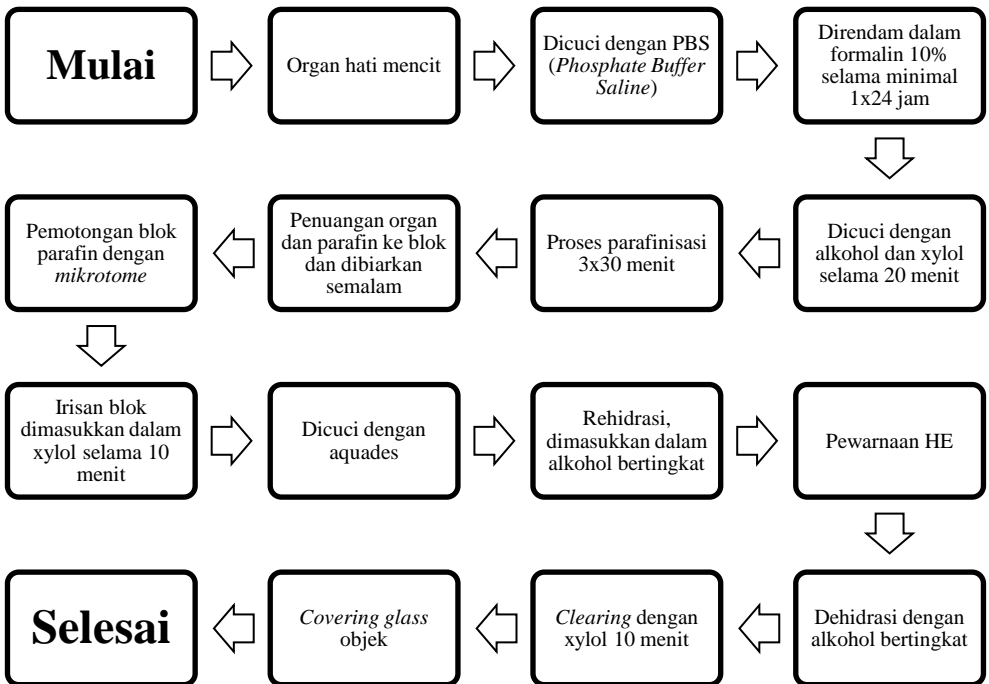
**Gambar 3.3** Mencit dipapari *hairspray* dalam *chamber* tertutup.

### 3.4.3 Proses Pengambilan Sampel Hati

Pengambilan hati mencit dilakukan diluar kandang dengan cara ekor mencit dimasukkan ke sungkup rangkap. Mencit selanjutnya didislokasi untuk kemudian dilakukan pembedahan dan diambil sampel organnya. Sampel organ hati tersebut diambil dan dipotong 1x1x1 cm, kemudian direndam dalam larutan *neutral buffer formalin* (NBF). Sampel organ selanjutnya diperkecil lagi dengan irisan tipis untuk disimpan dalam *tissue cassette* dan dilakukan fiksasi minimal 1 x 24 jam dalam larutan NBF. Setelah difiksasi, dilakukan proses dehidrasi dan *clearing* dengan satu sesi larutan yang terdiri dari : alkohol 70%, alkohol 80%, alkohol 90%, alkohol absolut, *toluene*, dan parafin, secara bertahap dalam waktu satu hari. Sampel organ di *blocking* dengan *embedding* sel yang dituangi parafin cair kemudian didinginkan. Blok yang sudah dingin *disectioning* menggunakan *microtome* dengan ketebalan  $\pm$  4-5 mikron dan kemudian dianalisa.

### 3.4.4 Pembuatan Preparat Hati

Setelah dilakukan pembuatan sediaan histologi sampel. Setiap mencit dibuat satu preparat hati dan tiap preparat diamati pada lima luas lapang pandang mikroskopis yaitu pada keempat sudut dan bagian tengah preparat dengan pembesaran 100x dan 400x. Pada setiap preparat dihitung nilai rerata kerusakan hati sesuai kategori. Gambar 3.4 menjelaskan cara pembuatan preparat hati tahap demi tahapan.



Gambar 3.4 Diagram alir proses pembuatan preparat organ hati mencit.

### 3.4.5 Uji Sifat Kelistrikan pada Organ

Pengukuran sifat kelistrikan yang pertama adalah menggunakan multimeter. Sampel diletakkan dalam lubang pada akrilik yang memiliki diameter 3 mm. Kemudian dijepit dengan 2 buah plat yang memiliki diameter 3 mm dan berbentuk lingkaran. Plat

tersebut terhubung oleh kabel dari multimeter. Alat multimeter yang digunakan adalah merek SP-9205A dengan kemampuan untuk mengukur kapasitansi pada kisaran 20 nF sampai 200  $\mu$ F dan resistansi pada kisaran 20 $\Omega$  sampai 200 M $\Omega$ . Gambar 3.5 menunjukkan rangkaian uji kelistrikan menggunakan multimeter.



**Gambar 3.5** Rangkaian uji sifat kelistrikan menggunakan multimeter.

Uji kelistrikan berikutnya menggunakan LCR meter tipe GW instek-816. Sampel hati mencit diuji pada rentang frekuensi 100 Hz sampai 2000 Hz dengan pengulangan sebanyak 3 kali pada setiap sampel. Gambar 3.5 menunjukkan rangkaian pengukuran menggunakan LCR meter. Penggunaan plat dari kapasitor buatan dan pemberian input sumber tegangan AC pada LCR meter dapat terukur nilai kapasitansi dari bahan.



**Gambar 3.5** Rangkaian uji sifat kelistrikan menggunakan LCR meter.

Uji sifat kelistrikan yang terakhir menggunakan impedansi meter. Sampel diuji pada rentang frekuensi 1 Hz sampai 1.000.000 Hz untuk mendapatkan nilai arus dan tegangan yang keluar sehingga didapatkan nilai impedansi pada bahan biologis yang diujikan. Gambar 3.6 merupakan rangkaian uji kelistrikan menggunakan impedansi meter.



**Gambar 3.6** Rangkaian uji sifat kelistrikan menggunakan impedansi meter.



### 3.4.6 Pengamatan Mikroskopis Preparat Organ Hati Mencit

Pengamatan secara mikroskopis preparat organ hati mencit dilakukan dengan menggunakan mikroskop binokuler. Pengamatan ini dilakukan pada 2 kelompok perlakuan. Pengamatan dilakukan menggunakan perbesaran 400x untuk setiap preparat dengan mengambil lima luas lapang pandang. Lima luas lapang pandang ini meliputi bagian atas, bawah, tengah, dan kanan serta bagian kiri. Hasil pengamatan mikroskopis organ hati yang telah didapatkan kemudian dianalisis menggunakan metode skor nilai modifikasi *Manja Roenigk* (Sativani, 2010) sebagai berikut :

- 1 = Normal, tidak ada perubahan patologis
- 2 = Perdarahan (hemoragi) / Degenerasi parenkimatosa
- 3 = Degenerasi melembak / Degenerasi hidropik
- 4 = Nekrosis.

### 3.4.7 Pengukuran Jumlah Radikal Bebas pada Hati Mencit

Pada penelitian ini alat yang digunakan berupa *Electronic Spin Resonance* (ESR) yang berfungsi sebagai pendeteksi radikal bebas yang terkandung pada sampel. Sebelum digunakan, alat ESR dirangkai terlebih dahulu (Gambar 3.7). Selanjutnya, ESR dikalibrasi menggunakan kalibrator *Daphenyl Pieryl Hidrazil* (DPPH). Proses Kalibrasi dilakukan dengan cara menempatkan tabung DPPH pada alat ESR kemudian dilakukan pengaturan arus dan frekuensi pada ESR sehingga diperoleh gambar resonansi yang jelas pada osiloskop.



**Gambar 3.7** Rangkaian Alat *Electron Spin Resonance*.

Setelah ESR terkalibrasi, selanjutnya dilakukan pengukuran sampel. Tabung berisi sampel diletakkan diantara kumparan tembaga pada ESR, lalu dilakukan pengaturan arus dan frekuensi sehingga diperoleh gambar kurva *lissajous* pada osiloskop. Dilakukan

pencatatan arus dan frekuensi supaya nanti dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui besar medan magnet dan nilai faktor-g pada sampel.

### 3.5 Analisa Data

#### 3.5.1 Uji Sifat Kelistrikan

Berdasarkan pengujian sifat kelistrikan dengan menggunakan multimeter dan LCR meter yang dilakukan, didapatkan hasil berupa nilai kapasitansi dan resistansi dari masing-masing perlakuan yang kemudian di rata-rata. Setelah didapatkan nilai rata-rata kapasitansi dapat dihitung nilai konstanta dielektriknya berdasarkan persamaan 2.6. Sedangkan untuk mendapatkan nilai dari resistivitas dan konduktivitas organ didapatkan dengan menggunakan persamaan 2.1 dan persamaan 2.2. Analisis data yang dilakukan yaitu dengan cara menggambarkan hubungan antara dosis perlakuan semprot terhadap konstanta dielektrik, resistivitas dan konduktivitas pada organ.

Berdasarkan hasil pengukuran dengan menggunakan impedansi meter didapatkan nilai arus dan tegangan keluarannya. Kemudian dihitung nilai impedansinya dengan menggunakan persamaan 3.1 berikut ini :

$$Z = \frac{V}{I} \quad (3.1)$$

Dengan,

$Z$  = Impedansi ( $\Omega$ )

$V$  = Tegangan (Volt)

$I$  = Arus (Ampere)

Analisa data yang dilakukan bertujuan untuk menggambarkan hubungan antara nilai impedansi yang didapat dengan frekuensi pengukuran. Analisa dilakukan dengan metode *trendline* untuk mengukur kecenderungan hubungan data dengan konsentrasi *hairspray* yang selanjutnya akan dibandingkan dengan teori dan literatur yang ada.

#### 3.5.2 Uji Mikroskopis Kerusakan Sel Hati

Analisa data untuk penelitian mikroskopis kerusakan sel yaitu dengan melihat korelasi kerusakan sel hati dengan pemberian dosis

semprotan dari hairspray. Perhitungan persentase kerusakan sel hati menggunakan persamaan :

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

Interpretasi data dilakukan dengan melihat bentuk pola yang dihasilkan dari grafik hasil plotting. Pola yang dihasilkan dari grafik akan menunjukkan hubungan dan korelasi diantara parameter yang bersangkutan, dalam hal ini yaitu dosis semprotan hairspray dan persentase kerusakan organ hati yang rusak. Dengan mengetahui hubungan dan korelasi tersebut, maka dapat diketahui pola pengaruh diantara parameter yang satu terhadap parameter yang lain.

### **3.5.3 Uji Radikal Bebas pada Organ Hati**

Penentuan jenis radikal bebas yang terdapat pada sampel didapat dengan melakukan perhitungan medan magnet (B) dan nilai g-faktor. Besar medan magnet dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2.7. Nilai medan magnet (B) tersebut dapat digunakan untuk menentukan nilai g-faktor dengan menggunakan persamaan 2.8. Data yang diperoleh kemudian diidentifikasi dengan membandingkan terhadap literatur yang ada.

**[halaman ini sengaja dikosongkan]**

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Gambaran Umum Penelitian**

Penelitian ini menggunakan subyek mencit (*Mus musculus*) jantan yang berusia 2-3 bulan berjumlah 35 ekor. Sampel dibagi menjadi 6 kelompok yaitu kelompok kontrol (K) dan kelompok perlakuan yang dipaparkan dengan *hairspray* yang masing-masing dibedakan menjadi 5 kelompok perlakuan yaitu perlakuan 1 kali semprot *hairspray* (P1), kelompok perlakuan 2 kali semprot *hairspray* (P2), kelompok perlakuan 3 kali semprot *hairspray* (P3), kelompok perlakuan 4 kali semprot *hairspray* (P4) dan kelompok perlakuan 5 kali semprot *hairspray* (P5) dengan masing-masing kelompok berjumlah 5 ekor. Sebelum dilakukan penelitian, hewan uji diaklimatisasi dengan lingkungan sekitar dan diberi pakan standar (BR 2) serta minuman selama 1 minggu di kandang perawatan yang berukuran 45 cm x 35 cm x 12 cm.

Kandang antara kelompok kontrol (K) dengan kelompok perlakuan (P) dibedakan sesuai dengan masing-masing kelompok. Kelompok perlakuan diletakkan di dalam kandang perlakuan (*chamber*) dengan diberikan paparan *hairspay* selama 20 menit/hari dengan pertimbangan rata-rata orang berada dalam suatu ruangan saat merias rambutnya menggunakan *hairspray* setiap harinya. Perlakuan dilakukan selama 30 hari. Sementara kelompok kontrol hanya diletakkan di dalam kandang tanpa diberikan paparan *hairspray* selama 30.

Hari ke-31 setelah pemaparan dilakukan pembedahan untuk pengambilan organ. Setelah dilakukan pembedahan, 1 bagian dari hati mencit dimasukkan ke dalam gelas beker untuk difiksasi menggunakan larutan formalin *buffer* 10% sampai seluruh bagian organ hati terendam. Setelah itu, dibuat preparat histologi dengan pengecatan HE lalu diamati di bawah mikroskop binokuler. Preparat diamati dengan mikroskop dengan perbesaran 100 kali dan 400 kali untuk menghitung skor kerusakan sel hepar. Masing-masing preparat diamati 5 luasan lapang pandang dengan masing-masing lapang pandang diamati keseluruhan selnya kemudian dirata-rata. Penilaian

skor kerusakan sel hati berdasarkan skor *Manja Roenigk* dan dianalisis secara kuantitatif.

Satu bagian hati mencit lainnya dicuci menggunakan larutan PBS (*Phosphate Buffered Saline*) agar membersihkan sel dari darah-darah yang masih menempel dan mempertahankan tekanan osmosis di dalam sel tersebut (Ave 1954). Sampel yang telah siap dimasukkan ke dalam plat akrilik yang memiliki lubang paling kecil. Plat akrilik tersebut dijepit dengan 2 buah plat yang terbuat dari bahan konduktor dan telah terhubung dengan LCR meter, multimeter dan impedansi meter untuk didapatkan nilai resistivitas, konduktivitas, nilai konstanta dielektrik dan impedansinya. Hasil pengukuran dari ketiga alat tersebut kemudian dibandingkan dan dianalisis secara kuantitatif.

Sampel yang ketiga dimasukkan ke dalam tabung durham yang kemudian diletakkan di bagian tengah kumparan solenoid. Kumparan tersebut akan memancarkan radio frekuensi yang energinya akan diserap oleh sampel yang mengandung radikal bebas, sedangkan koil Helmholtz akan memancarkan medan magnet dari reaksi tersebut. Resonansi yang terjadi antara energi radio frekuensi dengan medan magnet yang dihasilkan akan membentuk Kurva *Lissajous*. Pembentukan dari Kurva *Lissajous* juga dipengaruhi oleh aliran arus dan frekuensi yang akan tergambar pada osiloskop sehingga dapat diidentifikasi nilai faktor  $g$  dari sampel tersebut kemudian sampel dianalisis secara kuantitatif.

Pada penelitian ini juga diambil sampel darah dari mencit untuk dijadikan serum yang kemudian dilakukan uji SGOT/SGPT untuk mengetahui apakah sampel tersebut benar-benar rusak. Sampel darah yang telah diambil diletakkan di tabung serum yang kemudian *disentrifuge* agar diperoleh serum darah yang berjumlah 0,5 ml. Data SGOT/SGPT kemudian dianalisis secara kuantitatif.

## 4.2 Data Hasil Penelitian

### 4.2.1 Uji Radikal Bebas

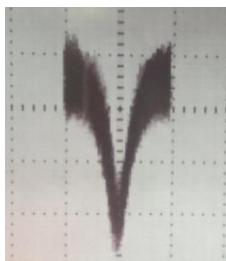
#### 4.2.1.1 Kalibrasi Alat ESR

Alat yang digunakan untuk mendeteksi radikal bebas dalam penelitian ini adalah ESR (*Electron Spin Resonance*) tipe *Leybod Heracus*. Sebelum alat digunakan maka harus dikalibrasi terlebih dahulu untuk mengukur keakuratan alat menggunakan DPPH (*Diphenyl Picrylhydrazyl*). Sampel DPPH ini adalah radikal bebas yang memiliki sifat stabil sehingga dapat digunakan untuk mengkalibrasi alat ESR. Hasil pengukuran untuk sampel DPPH ini dijelaskan dalam Tabel 4.1 berikut.

**Tabel 4.1** Hasil pengukuran kalibrasi DPPH.

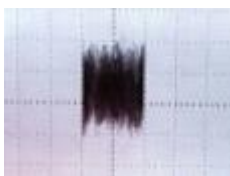
Frekuensi (MHz)	Arus (A)	Medan Magnet (T)	Faktor-g penelitian	Faktor-g literatur	Faktor-g kalibrasi
23,5	0,197	0,00083	2,015681	2,0036	0,994000649

Nilai faktor-g DPPH menurut literatur adalah 2,0036. Nilai pengukuran kalibrasi DPPH pada penelitian ini adalah 2,0156 dengan nilai faktor kalibrasi sebesar 0,9940. Hasil pengukuran kalibrasi DPPH ditunjukkan pada Tabel 4.1 dengan gambar kurva resonansi sebagai berikut

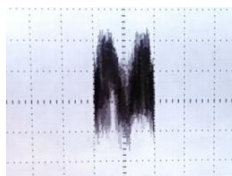


**Gambar 4.1** Kurva resonansi DPPH.

Nilai faktor kalibrasi atau keakuratan yang didapat pada eksperimen penelitian ini adalah 0,9940 dimana angka tersebut mendekati angka 1, maka alat ESR dapat digunakan sebagai alat uji radikal bebas. Nilai dari faktor kalibrasi akan dikalikan dengan hasil perhitungan yang didapat untuk mendapatkan nilai faktor-g sesungguhnya. Gambar kurva resonansi DPPH yang muncul pada layar osiloskop ditunjukkan pada Gambar 4.1 diatas. Sedangkan gambar hasil ESR pada penelitian ditunjukkan oleh Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 berikut.



**Gambar 4.2** Hasil ESR kontrol.



**Gambar 4.3** Hasil ESR hati.

Gambaran hasil ESR dari sel hati mencit yang diperoleh didapati mengalami beberapa kerusakan. Kerusakan tersebut diidentifikasi dari terbentuknya cekungan seperti yang tergambar pada Gambar 4.3 pada mencit yang diberi paparan *hairspray*.

#### **4.2.1.2 Penentuan Jenis Radikal Bebas pada Hati Mencit yang Terpapar *Hairspray***

Jenis radikal bebas yang berhasil terdeteksi oleh ESR dari hati mencit yang terpapar *hairspray* yakni ditemukan radikal bebas jenis •  $O_2^-$  berdasarkan pada Tabel 4.2 berikut.

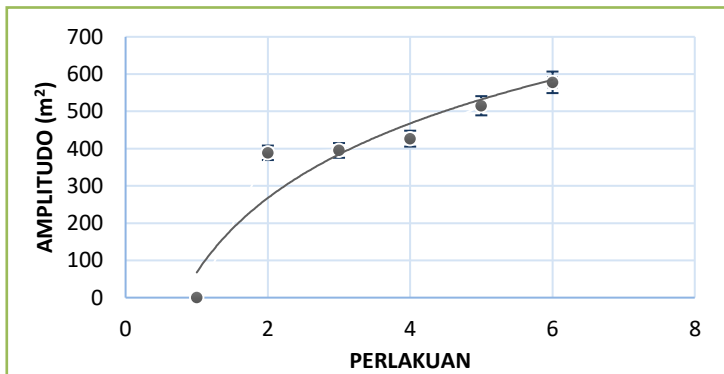


**Tabel 4.2** Jenis radikal bebas yang terdeteksi pada *hairspray*.

Perlakuan	Frek (MHz)	Arus (A)	g*	Nilai Faktor-g literatur	Jenis radikal bebas
1	17	0,198	1,55295	1,501	$\bullet O_2^-$
2	17,2	0,197	1,52714	1,501	$\bullet O_2^-$
3	17,4	0,198	1,51725	1,501	$\bullet O_2^-$
4	17,4	0,198	1,51725	1,501	$\bullet O_2^-$
5	17,4	0,197	1,50958	1,501	$\bullet O_2^-$

Nilai faktor-g merupakan faktor lande dari radikal yang terbentuk dan kemudian dibandingkan dengan faktor lande dari literatur. Jenis radikal bebas yang berhasil terdeteksi oleh ESR dari hepar mencit yang terpapar *hairspray* ditemukan radikal bebas jenis anion superoksida ( $\bullet O_2^-$ ).

Apabila dilihat dari bentuk cekungan gambar kurva ESR dari semua perlakuan maka akan terlihat semakin banyak jumlah semprotan *hairspray* yang diberikan maka cekungan pada kurva yang terbentuk akan semakin tajam. Gambar 4.4 berikut menunjukkan hasil pengukuran terhadap amplitudo dari cekungan kurva gambar ESR terhadap perlakuan yang diberikan.



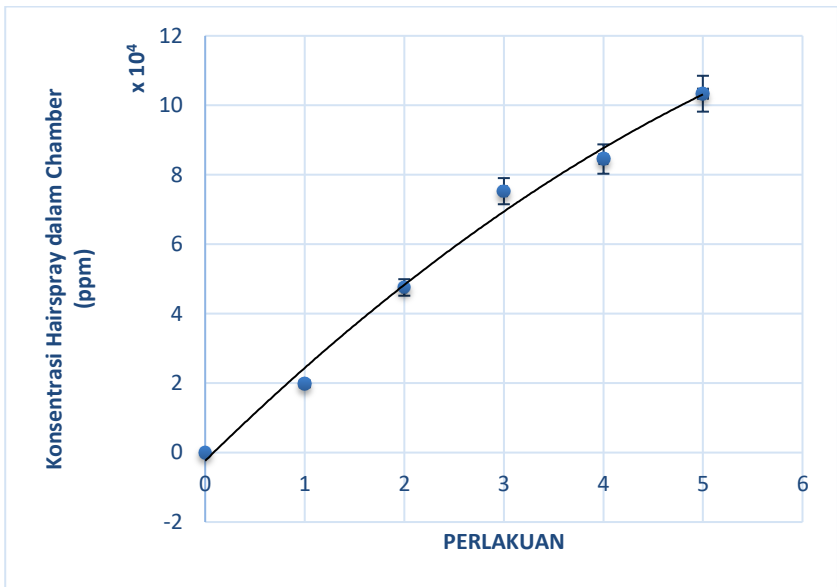
**Gambar 4.4** Hubungan antara jumlah semprot dengan amplitudo kurva ESR yang dihasilkan.

#### 4.2.2 Jumlah Semprot dan Konsentrasi *Hairspray* dalam *Chamber*

Jumlah semprotan yang diberikan kepada mencit telah disesuaikan dengan daya tahan tubuh mencit dalam menerima semprotan *hairspray* dimana telah dilakukan pengujian terlebih dahulu sebelum dilakukan tahap penelitian. Hasil pengujian menunjukkan jumlah semprot terbaik yang dapat diterima oleh mencit adalah 1 kali, 2 kali, 3 kali, 4 kali, dan 5 kali penyemprotan. Bagian penting dalam penyemprotan adalah selisih *hairspray* yang akan menunjukkan jumlah konsentrasi yang diserap oleh mencit selama 30 hari di dalam *chamber*. Pengukuran selisih massa dilakukan sebelum penyemprotan dan sesudah penyemprotan, hal tersebut dilakukan berulang pada tahap satu kali semprot hingga 5 kali semprot guna memperoleh data yang akurat dan meminimalkan terjadinya kesalahan data.

Konsentrasi *hairspray* yang masuk ke dalam *chamber* dapat diketahui dengan melakukan perhitungan massa *hairspray* dan massa udara di dalam *chamber*. Ukuran dari *chamber* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 25 cm x 30 cm x 25,3 cm sehingga memiliki volume sebesar 18975 cm<sup>3</sup>, dengan massa udara yang didapat dari perhitungan  $\rho$  udara = 0,001293 gr/cm dibagi dengan volume *chamber* sehingga massa udara di dalam *chamber* adalah 24,43223 gr. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah semprotan yang diberikan oleh *hairspray*, maka konsentrasi dari *hairspray* yang masuk ke dalam *chamber* juga semakin banyak yang kemudian terhirup oleh mencit. Dapat dirumuskan dengan persamaan (4.1) dan di dijelaskan melalui hubungan antara jumlah semprot dan konsentrasi *hairspray* pada Gambar 4.5 di bawah ini.

$$m_r = \frac{\text{jumlah } \Delta m \text{ hairspray selama 30 hari}}{30 \text{ hari}} \quad (4.1)$$



**Gambar 4.5** Gambar grafik hubungan antara dosis semprot dan konsentrasi *hairspray* dengan persamaan korelasi ( $y = 1409,1x^2 + 28149x - 2376,5$ , Koefisien Relasinya  $R^2 = 0,991$ ).

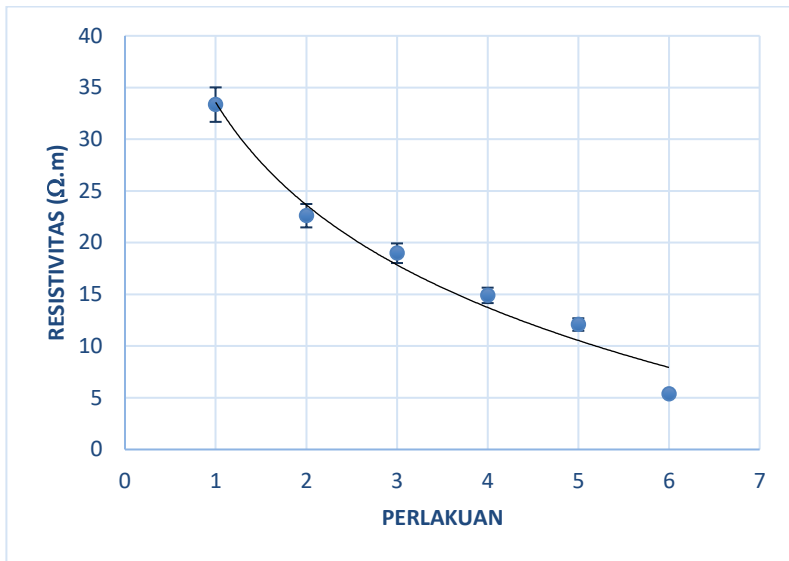
Ketika konsentrasi *hairspray* yang terhirup semakin banyak maka resiko kerusakan pada organ tubuh juga semakin tinggi. Apabila waktu paparan *hairspray* pada mencit divariasikan maka kerusakan yang terjadi akan lebih parah. Sel hepatosit akan banyak yang mengalami kerusakan bahkan nekrosis.

### 4.2.3 Uji Sifat Kelistrikan

#### 4.2.3.1 Uji Sifat Kelistrikan menggunakan Multimeter

##### 4.2.3.1.1 Resistivitas pada Organ Hati Mencit

Gambar 4.6 menjelaskan hubungan resistivitas dengan banyaknya dosis semprot (perlakuan) *hairspray* yang diberikan pada mencit menggunakan multimeter. Grafik yang dihasilkan nilainya akan semakin menurun seiring dengan bertambahnya dosis semprot. Hal ini menandakan bahwa sel hepatosit banyak mengalami kerusakan bahkan nekrosis.

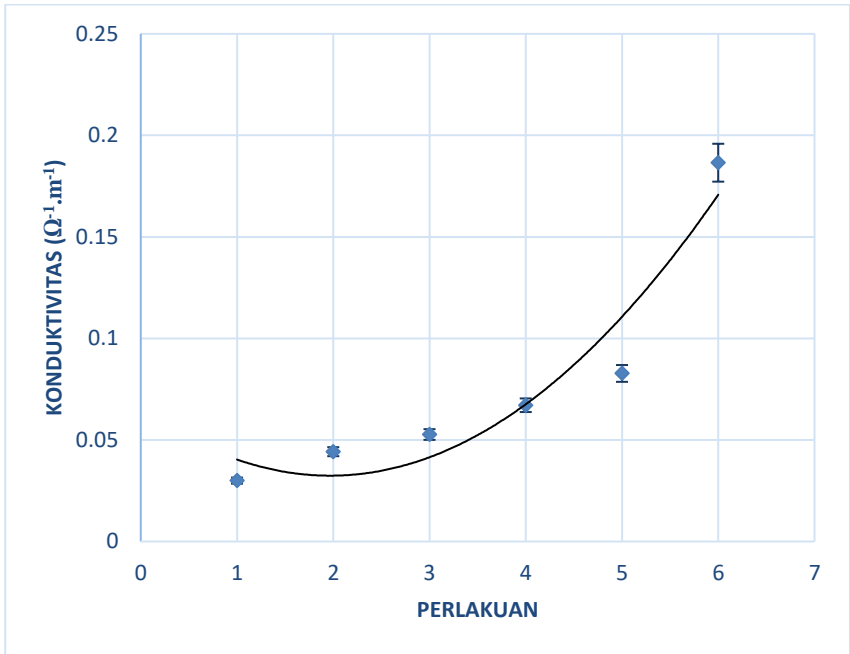


**Gambar 4.6** Grafik yang menjelaskan hubungan antara resistivitas dengan banyaknya dosis semprot yang diberikan dengan persamaan korelasi ( $y = 14,31\ln(x) + 33,567$ , Koefisien Relasinya  $R^2 = 0,9724$ ).

Pada grafik diatas terlihat bahwa mencit yang tidak diberi perlakuan semprot *hairspray* (perlakuan kontrol) menunjukkan nilai resistivitas lebih tinggi daripada mencit yang diberikan perlakuan semprot *hairspray*. Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi atau dosis *hairspray* yang diberikan maka nilai resistivitas dari organ hepar akan mengalami penurunan didukung dengan bentuk *trendline* yang semakin menurun.

#### 4.2.3.1.2 Konduktivitas pada Organ Hati Mencit

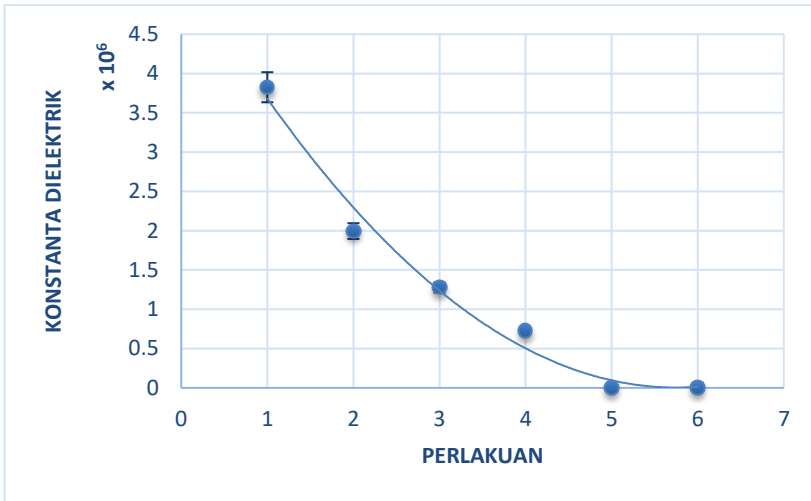
Gambar 4.7 di bawah ini menjelaskan hubungan konduktivitas dengan banyaknya dosis semprot (perlakuan) *hairspray* yang diberikan pada mencit menggunakan multimeter.



**Gambar 4.7** Grafik yang menjelaskan hubungan antara konduktivitas dengan banyaknya dosis semprot yang diberikan dengan persamaan korelasi ( $y = 0,0085x^2 - 0,0335x + 0,0653$ , Koefisien Relasinya  $R^2 = 0,9125$ ).

Koefisien determinasi dari Gambar 4.7 yang merupakan grafik hubungan antara dosis perlakuan semprot terhadap nilai konduktivitas yang mengalami kenaikan. Pada perlakuan kontrol terlihat nilai konduktivitas yang lebih kecil, hal ini menandakan bahwa masih banyak terdapat sel hepatosit yang normal sehingga apabila hepar dimasukkan ke dalam plat yang bermuatan maka kemampuan hepar untuk mengalami polarisasi akan semakin besar.

### 4.2.3.1.3 Konstanta Dielektrik pada Organ Hati Mencit



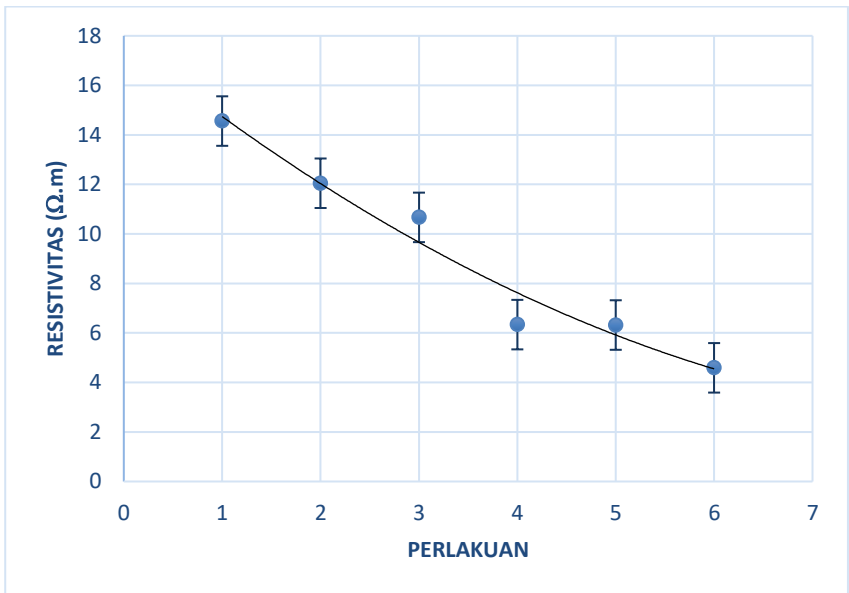
**Gambar 4.8** Grafik yang menjelaskan hubungan antara konstanta dielektrik dengan banyaknya dosis semprot yang diberikan dengan persamaan korelasi ( $y = 162.837x^2 - 1.873.110x + 5.390.258$ , Koefisien Relasinya  $R^2 = 0,9837$ ).

Pada Gambar 4.8 diatas menunjukkan grafik hubungan antara konstanta dielektrik dengan dosis semprot *hairspray* dengan menggunakan multimeter. Terlihat bahwa pada mencit yang tidak diberi perlakuan semprot *hairspray* didapatkan nilai konstanta dielektrik lebih tinggi daripada mencit yang diberikan perlakuan semprot *hairspray*. Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi atau dosis *hairspray* yang diberikan maka nilai konstanta dielektrik dari organ hati akan mengalami penurunan didukung dengan bentuk *trendline* yang semakin menurun.

### 4.2.3.2 Uji Sifat Kelistrikan menggunakan LCR meter

#### 4.2.3.2.1 Resistivitas pada Organ Hati Mencit

Gambar 4.9 menjelaskan hubungan resistivitas dengan banyaknya dosis semprot (perlakuan) *hairspray* yang diberikan pada mencit menggunakan LCR meter

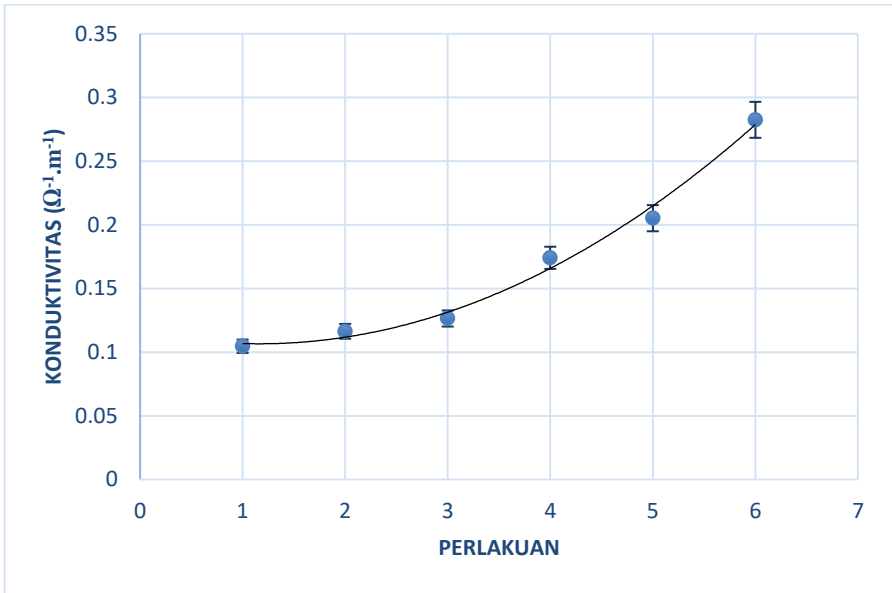


**Gambar 4.9** Grafik yang menjelaskan hubungan antara resistivitas dengan banyaknya dosis semprot yang diberikan dengan persamaan korelasi ( $y = 0,1672x^2 - 3,2088x + 17,781$ , Koefisien Relasinya  $R^2 = 0,9626$ ).

Nilai resistivitas yang didapat menggunakan LCR meter juga mengalami penurunan yang didukung dengan bentuk *trendline* yang semakin menurun. Penurunan nilai resistivitas ini dikarenakan pengaruh frekuensi yang digunakan. Ketika frekuensi sumber tegangan diubah-ubah maka bahan dielektrik pada kapasitor akan terganggu, diantaranya terjadi perubahan arah dipol-dipol listrik menjadi lebih seragam dan hal ini akan mengurangi medan listrik luar.

#### 4.2.3.2.2 Konduktivitas pada Organ Hati Mencit

Gambar 4.10 dibawah ini menjelaskan hubungan antara konduktivitas dengan banyaknya semprot yang diberikan pada mencit dengan menggunakan LCR meter.



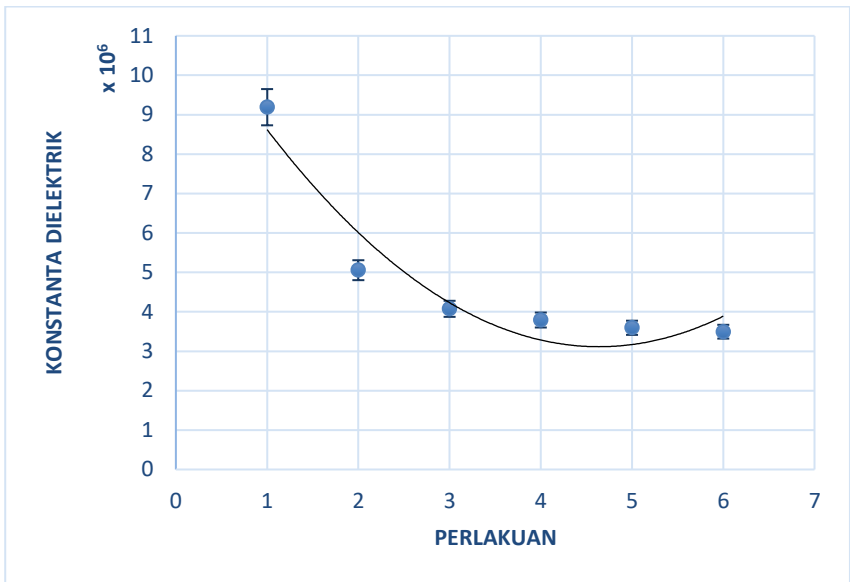
**Gambar 4.10** Grafik yang menjelaskan hubungan antara konduktivitas dengan banyaknya dosis semprot yang diberikan dengan persamaan korelasi ( $y = 0,0074x^2 - 0,0171x + 0,1165$ , Koefisien Relasinya  $R^2 = 0,9901$ ).

Nilai konduktivitas yang dihasilkan semakin naik seiring dengan bertambahnya dosis semprot pada perlakuan. Nilai konduktivitas yang cenderung semakin naik ini juga dipengaruhi oleh frekuensi yang diberikan. Tetapi nilai yang dihasilkan tidak beda jauh jika dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan multimeter.

#### 4.2.3.2.3 Konstanta Dielektrik pada Organ Hati Mencit

Gambar 4.11 dibawah ini menjelaskan hubungan antara konstanta dielektrik dengan banyaknya semprot yang diberikan pada mencit dengan menggunakan LCR meter.



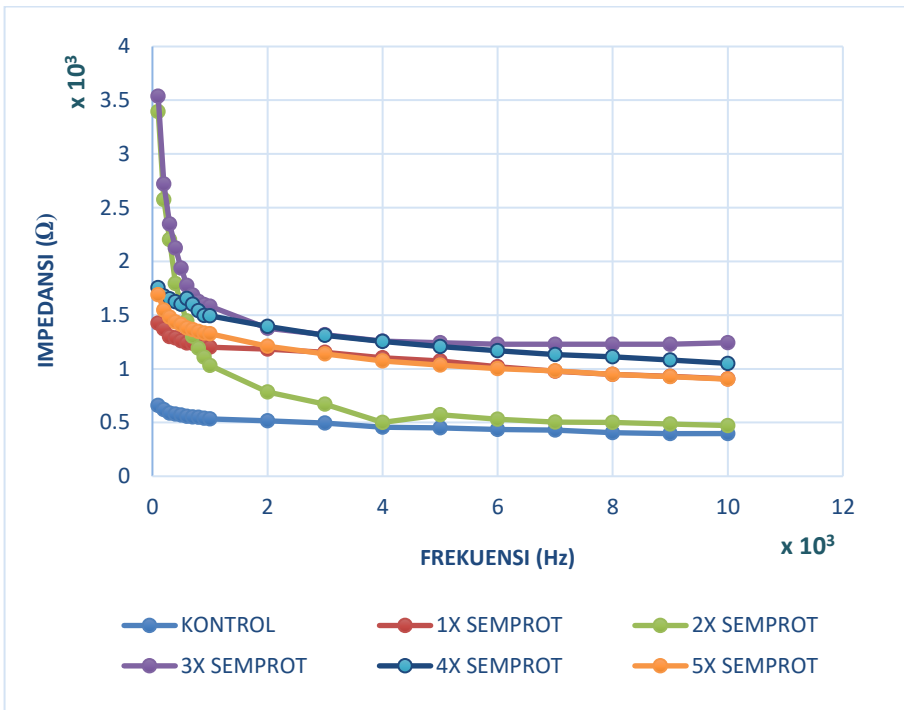


**Gambar 4.11** Grafik yang menjelaskan hubungan antara konstanta dielektrik dengan banyaknya dosis semprot yang diberikan dengan persamaan korelasi ( $y = 416.219x^2 - 3.860.460x + 12.065.927$ , Koefisien Relasinya  $R^2 = 0,9229$ ).

Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa semakin banyak dosis semprot *hairspray* yang diberikan maka nilai konstanta dielektriknya semakin kecil atau menurun dan hampir bernilai konstan pada dosis semprot ke 3 sampai dosis semprot ke 5.

#### 4.2.3.4 Impedansi pada Organ Hati Mencit

Gambar 4.12 dibawah ini menunjukkan hubungan antara impedansi dengan frekuensi yang diperoleh menggunakan impedansi meter dengan frekuensi 100 Hz sampai 10000 Hz. Digunakan rentang frekuensi tersebut dikarenakan semakin tinggi frekuensi yang diberikan maka semakin banyak gelombang yang ditransmisikan, sehingga muatan pada kapasitor tidak dapat terpenuhi karena arah arus sudah berbalik (Fauzah 2014).



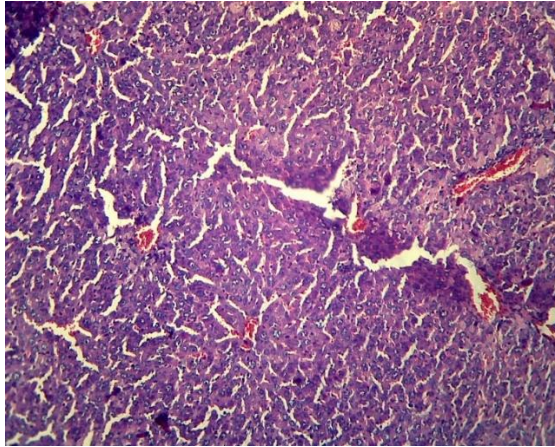
**Gambar 4.12** Gambar grafik hubungan antara impedansi dengan frekuensi menggunakan Impedansi meter.

Pada Gambar 4.12 diatas, terjadi penurunan nilai impedansi dengan semakin besarnya frekuensi yang diberikan. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh reaktansi kapasitif dari membran. Frekuensi yang bertambah besar akan meningkatkan tingkat mobilitas ion-ion pada jaringan hati mencit sehingga nilai impedansinya akan semakin menurun (Rahmatie, Sulistya, and Santoso 2016).

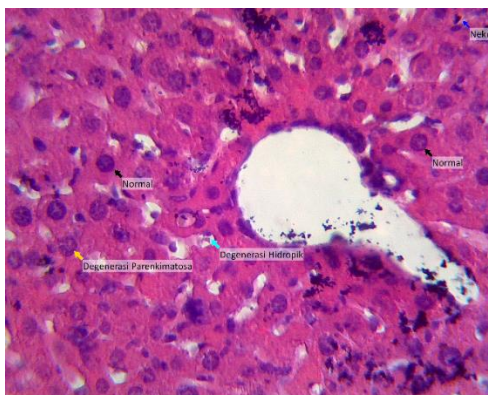
### 4.2.3 Gambaran Mikroskopis dari Sel Hati Mencit yang Terpapar *Hairspray*

Hasil pengamatan dari gambaran mikroskopis sel hepar mencit terindikasi mengalami kerusakan akibat adanya pemberian *hairspray*. Kerusakan dapat dilihat dari banyaknya sel yang rusak setiap penambahan dosis semprot *hairspray*. Hepar yang sehat yaitu memiliki jumlah sel normal yang banyak dan mempunyai sedikit sel

yang mengalami kerusakan dan nekrosis. Gambar 4.13 dan Gambar 4.14 adalah gambaran mikroskopis dari sel hepatosit menciit yang tidak disemprot dengan hairspray (perlakuan kontrol) dengan perbesaran 100x dan 400x.



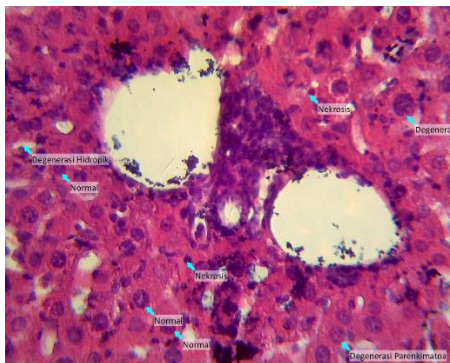
**Gambar 4.13** Gambar histologi hepar kelompok kontrol (HE, 100x).



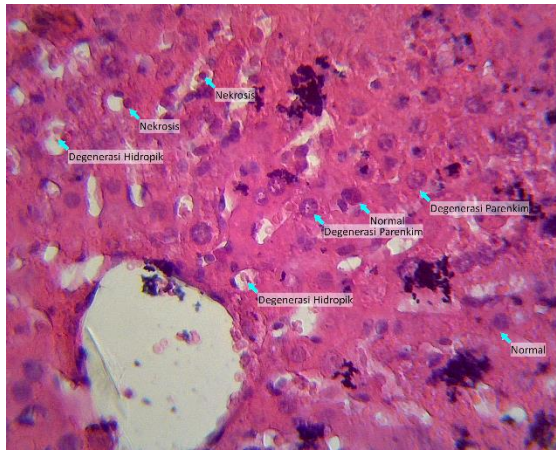
**Gambar 4.14** Gambar histologi sel hepar kelompok kontrol (HE, 400x).

Berdasarkan hasil pengamatan histopatologis hati mencit ditemukan adanya perubahan pada parenkim hati yaitu berupa degenerasi hidropik, degenerasi lemak dan nekrosis hepatosit yang kemudian digunakan untuk acuan dalam metode *skoring* ini. Pada perlakuan kontrol terlihat sangat banyak sel hepatosit normal dan hanya sedikit mengalami kerusakan jika dibandingkan dengan perlakuan dosis semprot *hairspray*. Tetapi pada perlakuan kontrol juga terdapat sel hepatosit yang mengalami degenerasi parenkim, degenerasi hidropik bahkan nekrosis. Hal tersebut disebabkan karena faktor eksternal yang dapat mempengaruhi hasil penelitian seperti kondisi kandang yang kurang ideal, faktor stres pada mencit, pengaruh zat atau penyakit lain karena memang mencit yang digunakan bukanlah mencit yang benar-benar bebas dari penyakit lain “*patogen free*”, serta faktor internal lain seperti daya tahan dan kerentanan mencit (Fahmi et al. 2012).

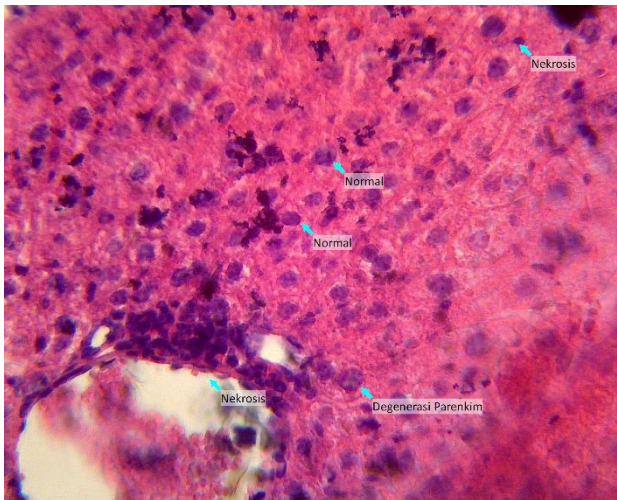
Gambaran mikroskopis sel hati dari mencit untuk perlakuan semprot *hairspray* dosis 1 ditunjukkan pada Gambar 4.15, perlakuan dosis semprot 2 ditunjukkan pada Gambar 4.16, perlakuan dosis semprot 3 ditunjukkan pada Gambar 4.17, perlakuan dosis semprot 4 ditunjukkan pada Gambar 4.18 dan perlakuan dosis semprot dosis 5 ditunjukkan di Gambar 4.19.



**Gambar 4.15** Gambar histologi sel hepar kelompok perlakuan 1 (HE, 400x).

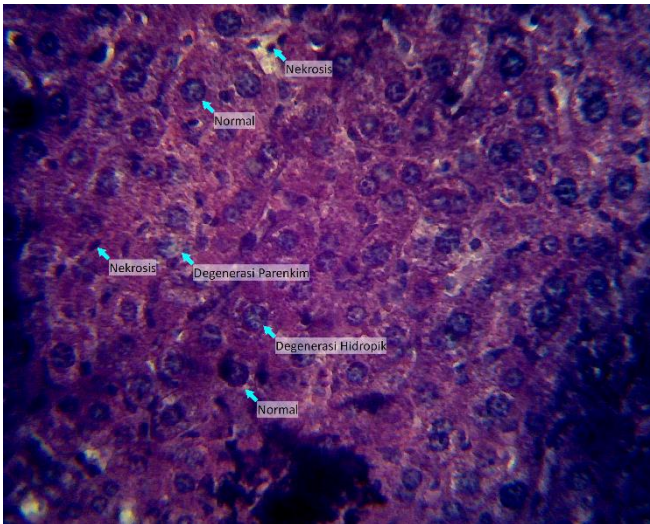


**Gambar 4.16** Gambar histologi sel hepar kelompok perlakuan 2 (HE, 400x).

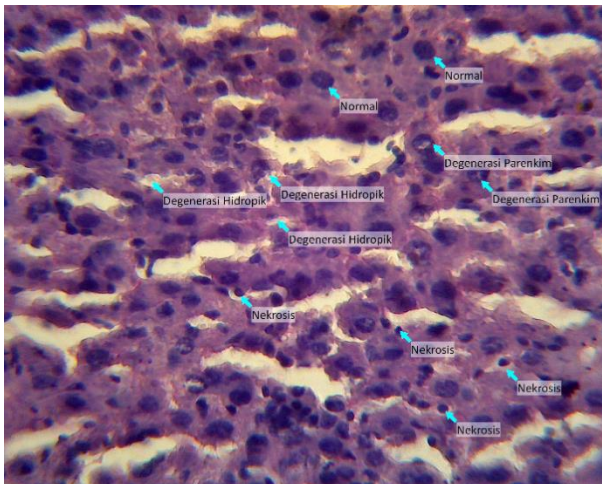


**Gambar 4.17** Gambar histologi sel hepar kelompok perlakuan 3 (HE, 400x).





**Gambar 4.18** Gambar histologi sel hepar kelompok perlakuan 4 (HE, 400x).



**Gambar 4.19** Gambar histologi sel hepar kelompok perlakuan 5 (HE, 400x).

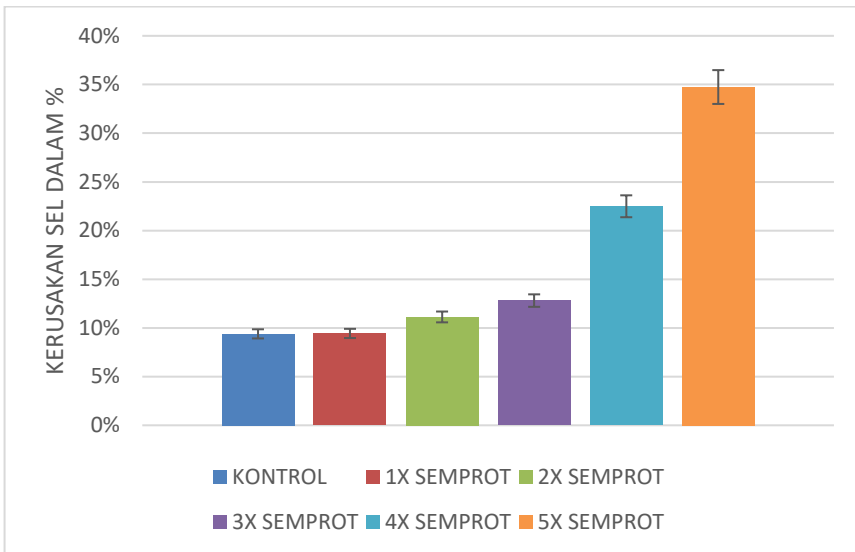
Keterangan :

Sel normal hepar dengan skor 1, sel hepar yang mengalami degenerasi parenkimatosa dengan skor 2, sel hepar yang mengalami degenerasi hidropik dengan skor 3 dan sel sel hepar yang mengalami nekrosis dengan skor 4.

Pada perlakuan semprot *hairspray* dapat dilihat gambaran mikroskopis sel hati dari mencit (Gambar 4.15 sampai Gambar 4.19) dari dosis 1 (P1) sampai dengan dosis 5 (P5) ditemukan banyak kerusakan sel hepar yang teramati. Kerusakan sel hepar pada perlakuan 1 (P1) jumlahnya lebih sedikit jika dibandingkan dengan kerusakan yang teramati pada perlakuan 2, kerusakan sel hepar pada perlakuan 2 (P2) jumlahnya lebih sedikit jika dibandingkan dengan kerusakan yang teramati pada perlakuan 3 dan seterusnya hingga pada perlakuan 5 (P5) dengan dosis 5x semprot teramati jumlah kerusakan sel hepar terbanyak. Kerusakan sel hepar dari mencit yang teramati jumlahnya meningkat seiring bertambahnya jumlah dosis semprot dari *hairspray* yang diberikan. Penilaian kerusakan sel hepar berdasarkan skor *Manja Roenigk* (Insani et al. 2015) yang dilakukan pada masing-masing perlakuan dituliskan pada Tabel 4.3 dan digambarkan melalui grafik total kerusakan pada Gambar 4.20 berikut

**Tabel 4.3** Tabel skor rata-rata sel hepar yang terpapar *hairspray* berdasarkan skor penilaian dari metode *Manja Roenigk*.

<b>SKOR TOTAL</b>	<b>SKOR</b>	<b>KERUSAKAN</b>	<b>ST.DEV</b>
KONTROL	3908	9,4%	0,05
1	3926	9,6%	
2	4631	11,2%	
3	5330	12,8%	
4	9361	22,5%	
5	14457	34,7%	



**Gambar 4.20** Grafik hubungan antara banyaknya dosis yang diberikan dengan kerusakan sel dalam persen.

Kerusakan hati karena zat toksik dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti zat kimia, dosis yang diberikan, dan lamanya paparan zat yang digunakan. Semakin tinggi konsentrasi suatu senyawa yang diberikan maka respon toksik yang ditimbulkan akan semakin besar pula (Gambar 4.20). Degenerasi sel hati dapat terjadi karena adanya akumulasi bahan toksik atau metabolit lain. Kerusakan pada sel hati mengakibatkan proses detoksifikasi menjadi terhambat atau berjalan lebih lambat sehingga sel hati belum selesai bekerja mendetoksifikasi akan terkena paparan zat toksik dan terakumulasi dalam sel hepatosi (Nugraha et al. 2018).

Degenerasi parenkimatososa terjadi akibat kegagalan oksidasi yang menyebabkan air tertimbun di dalam sel, akibat transportasi protein yang telah diproduksi ribosom terganggu. Hal tersebut menyebabkan pembengkakan sel dan pengaruh sitoplasma dengan munculnya granul-granul dalam sitoplasma akibat endapan protein (Nugraha et al. 2018). Degenerasi parenkimatososa merupakan degenerasi yang sangat ringan dan reversibel. Degenerasi hidropik pada dasarnya sama dengan degenerasi parenkimatososa, degenerasinya



juga bersifat reversibel. Namun, derajat degenerasi hidropik lebih berat dibandingkan dengan derajat kerusakan degenerasi parenkimatos. Pada degenerasi hidropik terlihat adanya vakuola berisi air dalam sitoplasma yang tidak mengandung lemak atau glikogen (Insani et al. 2015). Perubahan ini umumnya merupakan akibat adanya gangguan metabolisme seperti hipoksia atau keracunan bahan kimia. Degenerasi ini juga bersifat reversibel meskipun tidak menutup kemungkinan bisa menjadi irreversibel apabila penyebab cederanya menetap. Sel yang telah cedera kemudian bisa mengalami robekan membran plasma dan perubahan inti sel sehingga sel mati. Nekrosis adalah proses patologi setelah sel mengalami cedera dengan kata lain sel mengalami kematian (Rizkiani 2009).

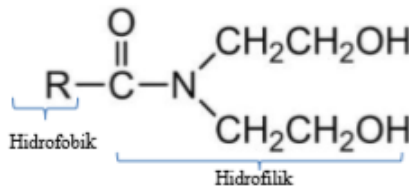
Jika dikaitkan dengan kondisi fisik, mencit dari perlakuan kontrol dan semprot mempunyai kondisi yang berbeda akibat perlakuan. Pada perlakuan kontrol, mencit dari hari ke-1 sampai hari ke-14 mempunyai kondisi sangat lincah dan sehat, serta terlihat lebih gemuk dari keadaan di hari pertama. Sedangkan pada perlakuan semprot, setelah memasuki hari ke-10, ada beberapa mencit yang mengalami perubahan perilaku, mencit terlihat sakit dan lebih pasif dalam bergerak serta beberapa mencit bulu-bulunya rontok serta terdapat beberapa luka. Adanya perilaku yang ditunjukkan mencit dalam perlakuan mungkin disebabkan adanya jumlah sel hati yang rusak di dalam tubuh yang meningkat, sehingga mempengaruhi kondisi fisik dari mencit yang ada didalam kandang .

Jika sel hepar terinduksi *hairspray* dengan dosis toksik maka akan menyebabkan berkurangnya jumlah sel hepatosit yang memproduksi protein dan glikogen sehingga berat organ hati secara keseluruhan lebih kecil dari berat normalnya. Sel hepatosit dapat mengalami cedera melalui beberapa proses stres oksidatif akibat menumpuknya metabolit sekunder yang merusak mitokondria dan menghambat pembentukan energi sel hepatosit. Fungsi hepar selain melindungi tubuh terhadap terjadinya penumpukan zat berbahaya dari luar maupun dari dalam, juga merupakan tempat dimana obat dan bahan toksik lainnya dimetabolisme (Insani et al. 2015).

### 4.3 Pembahasan

#### 4.3.1 Terbentuknya Radikal Bebas pada Organ Hati karena Paparan Hairspray

Hasil pendeteksian jenis radikal bebas oleh ESR pada *hairspray* yaitu anion superoksida ( $\bullet O_2^-$ ), dimana jenis radikal tersebut merupakan hasil reduksi satu elektron oksigen dengan kelompok oksigen reaktif (ROS) (Saraswati 2018). *Cocamide DEA* merupakan zat surfaktan peningkat busa yang dapat menyebabkan kanker (Mathews 2015). *Cocamide DEA* sebenarnya terdiri dari dua senyawa, yaitu *cocamide* dan *diethanolamine* (DEA). *Cocamide DEA* ini memiliki sifat hidrofilik dan hidrofobik. Bagian cocoakil (R) atau senyawa asam lemak yaitu *cocamide* bersifat hidrofobik, dan bagian kepala akan bersifat hidrofilik (Gambar 4.21) (Mathews 2015).



**Gambar 4.21** Struktur kimia *cocamide DEA* berdasarkan sifatnya.

Apabila terjadi penumpukan konsentrasi *cocamide DEA* pada paru – paru maka akan memecah *cocamide DEA* dan mengaktifasi gugus RCO<sub>2</sub>. Gugus RCO<sub>2</sub> merupakan gugus radikal bebas yang mewakili radikal asam minyak (CIR 1986). Apabila gugus RCO<sub>2</sub> yang merupakan radikal bebas ini berdifusi dari paru-paru dan terbawa oleh darah sampai ke hati, maka akan bereaksi dengan sel hepatosit. Reaksi tersebut akan mengakibatkan jumlah oksisterol meningkat sehingga konsumsi oksigen dan NADPH akan menurun, yang kemudian akan meningkatkan radikal superoksida ( $\bullet O_2^-$ ) yang dihasilkan (Sibirian 2011).

Pada dasarnya tubuh memiliki kemampuan untuk menghasilkan radikal bebas jenis  $\bullet O_2^-$  dalam mitokondria, proses pembentukan radikal bebas ini terjadi saat proses metabolisme oksidatif dimana terdapat kebocoran elektron sehingga dapat terbentuk  $\bullet O_2^-$ . Adanya

jenis radikal  $\bullet O_2^-$  hanya dalam jumlah sedikit, ditandai dengan tidak terbentuknya cekungan pada kurva *lissajous* saat pengujian mencit kontrol. Peristiwa masuknya *cocamide DEA* ke dalam sel dapat memicu mitokondria untuk menghasilkan  $\bullet O_2^-$  lebih banyak lagi sehingga kadar radikal bebas yang terdapat di dalam sel melebihi batas ambang kemampuan sel untuk menetralkan radikal bebas sehingga sel mengalami disfungsi atau mati ditandai dengan terbentuknya cekungan saat dilakukan pengujian sampel yang diberi paparan (Saraswati 2018).

#### 4.3.2 Perubahan Sifat Kelistrikan pada Hati

Nilai resistivitas sel hati jika dilihat dari grafik yang ada yakni semakin menurun dengan rentang nilai 33,3  $\Omega.m$  sampai 5,4  $\Omega.m$  yang dihasilkan oleh multimeter dan 14,6  $\Omega.m$  sampai 4,6  $\Omega.m$  pada LCR meter. Penurunan nilai resistivitas ini diduga karena makin besarnya konsentrasi ion metabolit terlarut selama perlakuan semprot *hairspray* berlangsung. Sedangkan perbedaan nilai pengukuran pada LCR meter yang lebih kecil daripada nilai yang didapatkan dari pengukuran melalui multimeter diduga karena pengaruh frekuensi yang diberikan. Semakin besar frekuensi yang diberikan maka nilai resistivitas organ juga semakin menurun.

Pengaruh penambahan dosis *hairspray* pada mencit juga mengakibatkan nilai resistivitasnya semakin kecil. Nilai resistivitas yang paling kecil didapatkan pada perlakuan dengan dosis semprot 5 kali. Dalam keadaan normal atau sehat, jumlah sel hepatosit sangat banyak, sehingga apabila hati dimasukkan ke dalam plat yang bermuatan maka kemampuan hati untuk mengalami polarisasi akan semakin besar. Apabila banyak sel hepatosit yang mengalami kerusakan maka kemampuan hati untuk mengalami polarisasi juga semakin sedikit.

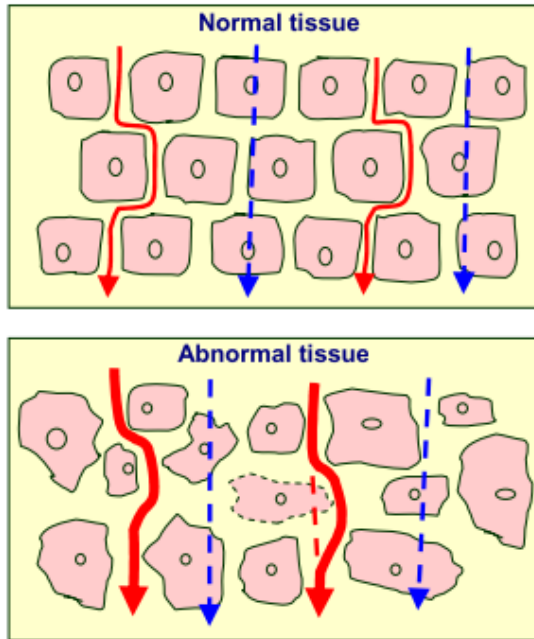
Nilai konduktivitas yang dihasilkan berbanding terbalik dengan nilai resistivitasnya. Kenaikan grafik disebabkan karena banyaknya ion yang terkandung dalam jaringan tersebut. Konduktivitas listrik adalah ukuran kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik. Arus listrik di dalam suatu bahan biologis dihantarkan oleh ion yang terkandung di dalamnya. Ion memiliki karakteristik tersendiri dalam menghantarkan arus listrik. Maka dari

itu nilai konduktivitas listrik hanya menunjukkan konsentrasi ion total dalam larutan (Irwan 2016).

Semakin banyak ion yang terkandung di dalam suatu sel biologis, maka nilai konduktivitasnya akan semakin naik. Nilai konduktivitas hati mencit yang dihasilkan memiliki rentang nilai antara 0,03 S/m sampai 0,2 S/m dengan menggunakan multimeter sedangkan nilai pengukuran menggunakan LCR meter yakni berkisar antara 0,01 S/m sampai 0,3 S/m. Terdapat perbedaan nilai yang tidak jauh jika keduanya dibandingkan, hal ini dipengaruhi oleh frekuensi yang diberikan pada saat menggunakan LCR meter. Frekuensi yang bertambah besar akan meningkatkan tingkat mobilitas ion-ion pada jaringan sel hepatosit mencit. Kenaikan mobilitas ion berarti konduktivitas listrik hepar meningkat dan nilai resistivitasnya turun (Rahmatie, Sulistya, and Santoso 2016).

Penurunan nilai konstanta dielektrik yang disebabkan karena meningkatnya konsentrasi *hairspray* yang mengandung *cocamide DEA* dikarenakan adanya perubahan momen dipol di dalam hati. Adapun nilai konstanta dielektrik dipengaruhi oleh tiga hal yaitu, jumlah sel sehat, medan listrik luar dan momen dipol (Saraswati 2018). Apabila organ hati diletakkan diantara dua buah plat bermuatan maka akan mengalami polarisasi, hati yang pada mulanya merupakan molekul polar dan ion didalamnya dalam keadaan acak akan menyeragamkan diri ke arah medan magnet (Hidayat, S. Widodo, and Saroja 2014).

Semakin banyak sel hepatosit normal yang terkandung didalamnya maka momen dipol yang terbentuk akan semakin banyak juga. Pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.11 dapat dilihat bahwa nilai konstanta dielektrik semakin menurun, menandakan banyaknya sel yang mengalami kerusakan bahkan nekrosis. Hasil pengukuran yang didapatkan diantara kedua metode pengukuran berbeda, hal ini dipengaruhi karena frekuensi yang diberikan pada LCR meter. Semakin besar frekuensi yang diberikan mengakibatkan lebih banyak gelombang yang ditransmisikan, sehingga muatan pada kapasitor tidak dapat terpenuhi karena arah arus sudah berbalik (Fauzah 2014).



**Gambar 4.22** Ilustrasi jalannya arus pada frekuensi rendah dan tinggi, panah merah menunjukkan frekuensi rendah sedangkan panah biru menunjukkan frekuensi tinggi.

Faktor berikutnya yang menyebabkan nilai dari kedua pengukuran berbeda adalah ukuran dari kabel atau *probe* yang digunakan. Pada LCR meter digunakan *probe* yang lumayan besar jika dibandingkan dengan ukuran bahan dielektrik yang digunakan. Hal ini tentu akan menimbulkan faktor koreksi yang besar pula, sehingga nilai yang dihasilkan dari kedua pengukuran berbeda. Faktor lain yang mempengaruhi nilai dari keduanya berbeda adalah nilai yang muncul pada multimeter akan semakin naik dan tidak pernah bernilai konstan. Sehingga dipilih nilai yang pertama muncul sebagai acuan pembacaan.

Nilai konstanta dielektrik sel hati mencit sebanding dengan nilai kapasitansinya dan berbanding terbalik dengan nilai frekuensi. Semakin besar frekuensi yang diberikan, nilai konstanta dielektrik semakin menurun. Bahan dielektrik yang dikenai frekuensi rendah

karakteristik biolistriknnya menghasilkan nilai yang bervariasi sehingga akan terlihat acak. Hal ini disebabkan karena pada frekuensi rendah momen dipol berlawanan arus dengan arus listrik (Wardani 2014).

Hasil dari pengukuran nilai konstanta dielektrik udara digunakan sebagai acuan dari pengujian alat yang akan digunakan. Menurut Viridi (2010) nilai konstanta dielektrik pada ruang hampa yaitu 1 dan konstanta dielektrik untuk udara memiliki frekuensi di bawah 1000 Hz yaitu sebesar 1,00054. Pada pengukuran plat yang telah dilakukan, didapatkan konstanta dielektrik yang paling mendekati yakni 1,000472 dengan kesalahan relatif sebesar 0,0034%. Berdasarkan hasil tersebut maka plat dapat digunakan untuk mengukur karakteristik sifat listrik pada sel hati.

Hasil analisis data yang dihasilkan oleh impedansi meter menghasilkan grafik hubungan antara nilai impedansi dengan frekuensi pada rentang frekuensi 100 Hz sampai dengan 10000 Hz, seperti pada Gambar 4.12 dimana nilai impedansi mengalami penurunan pada saat frekuensi tinggi. Hal ini terjadi karena pada frekuensi tinggi dipol-dipol menerima gaya torsi yang menyebabkan terjadinya penyearahan diri dengan medan listrik (Wardani 2014). Pengaruh frekuensi terhadap nilai impedansi berdasar teori menampilkan kurva dispersi. Nilai yang terukur adalah resistansi saja jika diberikan frekuensi = 0 Hz. Nilai impedansi mengalami penurunan saat frekuensi diperbesar karena adanya pengaruh reaktansi kapasitif dari membran. Frekuensi yang bertambah besar akan meningkatkan tingkat mobilitas ion-ion pada jaringan sel hati (Wardani 2014).

Penelitian yang dilakukan Rahmatie dan kawan-kawannya (2016) menyebutkan bahwa kenaikan mobilitas ion berarti konduktivitas listrik daging ikan nila meningkat dan menurunkan nilai impedansinya. Sedangkan jika diberikan frekuensi sangat tinggi, nilai impedansi menjadi minimum. Pengaruh pemberian dosis *hairspray* dengan konsentrasi yang berbeda terhadap nilai impedansi sel hepatosit menunjukkan nilai impedansi yang lebih kecil dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Semakin kecil nilai impedansi yang dihasilkan mengartikan bahwa dalam bahan tersebut memiliki

konduktivitas yang besar. Larutan yang memiliki konduktivitas besar adalah larutan yang memiliki kemampuan menghantarkan arus yang besar (Rahmatie, Sulistya, and Santoso 2016).

Larutan yang dapat menghantarkan arus listrik didasarkan pada kemampuan terurainya molekul tersebut menjadi ion-ion. Kemampuan terurainya molekul menjadi ion-ion ditentukan oleh derajat disosiasi suatu senyawa. Derajat disosiasi *cocamide* DEA nilainya besar (Mathews 2015). Pada senyawa yang memiliki derajat disosiasi besar menandakan bahwa senyawa tersebut lebih bersifat konduktor. Bertambahnya konsentrasi *cocamide* DEA menyebabkan larutan tersebut semakin bersifat konduktor, sehingga menghasilkan nilai impedansi semakin kecil pada perlakuan dengan konsentrasi lebih besar.

Tiga parameter kelistrikan yang penting dalam interaksi antara medan listrik dan bahan dielektrik adalah permitivitas, konduktivitas dan permeabilitas. Permitivitas  $\varepsilon$  (F/m) menunjukkan banyaknya polarisasi dan penyearahan sebagian dari *dipole* listrik permanen terhadap sejumlah medan listrik. Konduktivitas  $\sigma$  (S/m) menunjukkan banyaknya rapat arus konduksi yang terjadi akibat sejumlah medan listrik. Penyearahan *dipole* magnetik permanen diukur dengan permeabilitas  $\mu$  (H/m) (Hadi 2011).

Hadi (2011) menganggap bahwa jaringan biologis sebagai bahan homogen hanya bersifat konduktif. Tetapi dalam penelitian ini jaringan biologis dianggap bersifat konduktif sekaligus kapasitif. Penggunaan plat paralel dari kapasitor buatan dan pemberian input sumber tegangan pada LCR meter dapat mengukur nilai kapasitansi dan resistansi dari bahan. Ketika frekuensi sumber tegangan diubah-ubah maka bahan dielektrik pada kapasitor akan terganggu, diantaranya perubahan arah dipol-dipol listrik menjadi lebih seragam dan hal ini akan mengurangi medan listrik.

Impedansi listrik mencerminkan ukuran resistansi pada sumber arus bolak-balik (AC) (Anon 2012). Impedansi listrik dari bahan biologis menggambarkan kondisi jaringan yang sedang diteliti. Birgersson (2012) menyebutkan bahwa jaringan normal dan abnormal berbeda dalam hal ukuran sel, bentuk, orientasi, kekompakan dan

strukturnya. Sifat-sifat yang berbeda ini akan mempengaruhi kemampuan jaringan untuk menghantarkan dan menyimpan listrik. Secara umum impedansi pada frekuensi rendah berhubungan dengan sifat resistif dari lingkungan ekstraseluler, sedangkan impedansi pada frekuensi tinggi terkait dengan sifat resistif lingkungan intraseluler dan ekstraseluler serta sifat kapasitif dari membran sel. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa besarnya frekuensi yang diberikan berpengaruh terhadap nilai impedansi yang dihasilkan (Mcfee & Ph 1963).



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan kesimpulan bahwa terjadi peningkatan kerusakan sel hepatosit pada mencit sebanyak 34,74% akibat paparan *hairspray* yang mengandung *cocamide* DEA. Radikal bebas yang terbentuk di dalam tubuh khususnya hati akibat penyemprotan *hairspray* dengan konsentrasi 24,43% adalah jenis radikal anion superoksida ( $\bullet O_2^-$ ). Sifat kelistrikan pada organ hati mengalami perubahan akibat penambahan konsentrasi *hairspray* yang diberikan. Nilai resistivitas, konstanta dielektrik dan impedansi sel hati mencit semakin menurun seiring dengan bertambahnya konsentrasi *hairspray* yang diberikan. Penurunan ini diakibatkan oleh kenaikan jumlah radikal bebas yakni anion superoksida ( $\bullet O_2^-$ ) di dalam tubuh mencit yang dapat menimbulkan kerusakan bahkan kematian sel. Sedangkan nilai konduktivitas sel hepatosit mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya dosis semprot yang diberikan. Sehingga semakin rusak sel hepatosit maka semakin besar nilai konduktivitasnya.

#### **5.2 Saran**

Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan variasi lama waktu penyerapan *hairspray* oleh mencit yang dipapar *hairspray* serta dilakukan penambahan uji elektroporasi sel pada organ hati mencit.

**[halaman ini sengaja dikosongkan]**

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, Budhi. 2010. "Tumbuhan Dengan Senyawa Aktif Yang Berpotensi Sebagai Bahan Antifertilitas." *Jakarta: Adabia Press UIN*, no. 1: 1–59. doi:10.1007/s13398-014-0173-7.2.
- Ave, Logue. 1954. "PBS ( Phosphate-Buffered Saline ) CytoSpring," 1–2.
- Burnett, Christina L., Wilma F. Bergfeld, Donald V. Belsito, Curtis D. Klaassen, James G. Marks, Ronald C. Shank, Thomas J. Slaga, Paul W. Snyder, and F. Alan Andersen. 2009. "Final Amended Report on Safety Assessment on Aminomethyl Propanol and Aminomethyl Propanediol." *International Journal of Toxicology* 28 (6\_suppl): 141S–161S. doi:10.1177/1091581809350932.
- College, Nazareth. 2015. "AND MEDICAL RESEARCH" 2 (5): 1015–23.
- Dea, Oleamide. 1986. "7 Final Report on the Safety Assessment of Cocamide DEA, Lauramide DEA, Linoleamide DEA, and Oleamide DEA." *International Journal of Toxicology* 5 (5): 415–54. doi:10.3109/10915818609141919.
- Dwi, Banar R; Supriyadi. 2014. "Konstanta Dielektrik Bahan Kertas Karton Pada Keping Sejajar." *Jurnal Fisika Vol. 4 No. 2, Nopember 2014* 4: 74–77.
- ELECTRICAL IMPEDANCE OF HUMAN SKIN AND TISSUE ALTERATIONS: MATHEMATICAL MODELING.* 2012.
- Fahmi, Mulya, Yudha Fahrimal, Dwinna Aliza, Hamdani Budiman, Siti Aisyah, and Muhammad Hambal. 2012. "GAMBARAN HISTOPATOLOGIS HATI TIKUS ( Rattus Novergicus ) YANG DIINFEKSI Trypanosoma Evansi SETELAH PEMBERIAN EKSTRAK KULIT BATANG JALOH ( Salix Tetrasperma Roxb ) Histopathological Changes of Rat ( Rattus Novergicus ) Liver Infected with Trypanosoma Evansi and Treated with Willow Tree Bark Extract ( Salix Tetrasperma Roxb )," 141–45.
- Fauzah, Mastin. 2014. "Pengaruh Lama Penyimpanan Terhadap Nilai Kapasitansi Dan Konstanta Dielektrik Daging Sapi Dengan Metode Dielektrik Pada Frekuensi Rendah." *Physics Student Journal* 2 (1): 5–8.

- [http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/17584/b-  
ea-des2005-7.pdf?sequence=1](http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/17584/b-<br/>ea-des2005-7.pdf?sequence=1).
- Fiume, Monice M., Bart Heldreth, Wilma F. Bergfeld, Donald V. Belsito, Ronald A. Hill, Curtis D. Klaassen, Daniel C. Liebler, et al. 2013. "Safety Assessment of Diethanolamides as Used in Cosmetics." *International Journal of Toxicology* 32 (Supplement 1): 36S–58S. doi:10.1177/1091581813486300.
- Hidayat, Mokhamad Robby, Chomsin S. Widodo, and Gancang Saroja. 2014. "Kajian Karakteristik Biolistrik Kulit Ikan Lele (*Clarias Batrachus*) Dengan Metode Dielektrik Frekuensi Rendah." *Physics Student Journal* 2 (1): pp.11-14.
- IARC. 2012. "A Review of Human Carcinogens: Chemical Agents and Related Occupations." *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans* Vol. 100F: 225–48.
- Insani, Aulia, I Ketut Berata, Mahasiswa Pendidikan Profesi Dokter Hewan, Laboratorium Farmakologi Veteriner, and Laboratorium Patologi Veteriner. 2015. "Gambaran Histopatologi Hati Tikus Putih Yang Diberikan Deksametason Dan Vitamin E." *Indonesia Medicus Veterinus Juni* 4 (3): 228–37.  
<http://erepo.unud.ac.id/1793/1/b9582a6684096554ed807d77db86b3d1.pdf>.
- Irwan, Fadhilah. 2016. "Analisis Hubungan Konduktivitas Listrik Dengan Total Dissolved Solid ( TDS ) Dan Temperatur Pada Beberapa Jenis Air" 5 (1): 85–93.
- J. N., Okereke. 2015. "Possible Health Implications Associated with Cosmetics: A Review." *Science Journal of Public Health* 3 (5): 58. doi:10.11648/j.sjph.s.2015030501.21.
- Jeong, Yong. 2011. "Bio-Medical CMOS ICs," 13–30. doi:10.1007/978-1-4419-6597-4.
- Mcfee, Richard, and D Ph. n.d. "Resistivity of Body Tissues at Low Frequencies" XII: 40–50.
- Nugraha, Agung Putra, Sri Isdadiyanto, Silvana Tana, Program Studi Biologi, Departemen Biologi, Universitas Diponegoro, Departemen Biologi, and Universitas Diponegoro. 2018. "Histopatologi Hepar Tikus Wistar ( *Rattus Norvegicus* ) Jantan Setelah Pemberian Teh Kombucha Konsentrasi 100 %

- Dengan Waktu Fermentasi Yang Berbeda Liver Histopathology of Male Wistar Rats ( *Rattus Norvegicus* ) after 100 % Concentration Kombucha ' s Tea Treatment with Different Days Fermentation” 3: 71–78.
- Noer Kumala Indahsari. Pemberian, Pasca, Ekstrak Etanol, Daun Kelor, and Moringa Oleifera. 2017. “HISTOPATOLOGI HEPAR TIKUS PUTIH ( *Rattus Novergicus* ) YANG DIINDUKSI DENGAN PARASETAMOL DOSIS TOKSIK PASCA PEMBERIAN EKSTRAK ETANOL DAUN KELOR ( *Moringa Oleifera* )” 2 (2): 123–30.
- Office of Environmental Health Hazard Assessment California Environmental Protection Agency. 2000. “Vinyl Chloride.” *Public Health Goals for Chemicals In Drinking Water*, no. September: 1–46.  
doi:10.1002/0471238961.2209142503152306.a01.pub2.
- Puccetti, G., and W. Thompson. 2017. “Effects of Hair Sprays on Colour Perception: A Hyperspectral Imaging Approach to Shine and Chroma on Heads.” *International Journal of Cosmetic Science*. doi:10.1111/ics.12361.
- Rahmatie, Rizka, A P Chomsin Sulistya, and Didik R Santoso. 2016. “Analisis Nilai Impedansi Listrik Pada Daging Ikan Nila Yang Disimpan Dalam Lemari Es” 6 (02): 117–24.  
doi:10.13057/ijap.v6i02.1780.
- Rizkiani, Inne. 2009. “Pengaruh Pemberian Kopi Dosis Bertingkat Per Oral Selama 30 Hari Terhadap Gambaran Histologi Ginjal Tikus Wistar.” *Universitas Diponegoro*, 11.  
doi:10.1007/s13398-014-0173-7.2.
- Saraswati, Shella Putri. 2018. “Identifikasi Radikal Bebas Dan Sifat Dielektrik Darah Dari Mencit ( *Mus Musculus* ) Yang Terpapar Obat Nyamuk One Push Aerosol.”
- Scharadt, David. 2012. “Coconut Oil.” *Nutrition Action* 52.  
<http://www.cspinet.org/nah/articles/coconut-oil.html>.
- Sear, J. 1992. “Anatomy and Physiology of the Liver.” *Bailliere's Clinical Anaesthesiology* 6 (4): 697–727. doi:10.1016/S0950-3501(05)80304-6.
- Setijono, Marcellino Mardanjung. 1985. “Mencit (*Mus Musculus*) Sebagai Hewan Percobaan.”
- Siburian, Marsudi. 2011. “DIBERI EKSTRAK KULIT MAHONI.”

- Syarifah, Umaiyyatus. n.d. "Oleh :," 40–48.
- Toolkit, Awareness Campaign. 2013. "World Hepatitis Day Th," no. July.
- Viridi, Sparisoma. 2010. "Fisika Dasar."
- Wardani, Dwi Resa. 2014. "Studi Karakteristik Biolistrik Minyak Goreng Sawit Kemasan Dengan Metode Dielektrik Pada Frekuensi Rendah." *Skripsi*.
- Weckhuysen, Bert M, Ralf Heidler, and Robert a Schoonheydt. 2004. "Electron Spin Resonance Spectroscopy." *Mol. Sieves* 4 (1): 295–335. doi:10.1007/b94238.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION, INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER IARC. 2008. "IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 97. 1 , 3-Butadiene , Ethylene Oxide and Vinyl Halides ( Vinyl Fluoride , Vinyl Chloride and Vinyl Bromide ) INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER IARC Monographs on the Evalu" 97.

## LAMPIRAN

Lampiran 1 Data dan Perhitungan Konsentrasi *Hairspray*

Hari Ke	Kontrol	P1	P2	P3	P4	P5
1	0	1	1	2	2	2
2	0	1	1	2	0	2
3	0	1	1	1	2	2
4	0	0	1	1	2	2
5	0	1	0	2	2	2
6	0	0	0	2	2	1,4
7	0	2	1	1	1,2	1,2
8	0	1	1	2	1,6	1,1
9	0	1	1	2	1,3	2
10	0	0,1	1	0,6	2	3
11	0	0,2	1,2	0,8	4	4,7
12	0	0,3	0,5	0,5	2,7	1,6
13	0	1	0,6	1	2,6	1,6
14	0	1	2	2	1,3	2,8
15	0	0,8	1	2	2,4	0,7
16	0	0,2	1,5	1,1	1	3,8
17	0	0,8	1,3	1,9	1,3	0,7
18	0	0,8	1,2	1,8	0,4	1
19	0	0,2	1,2	0,7	1	2
20	0	0,8	0,2	2,1	1,5	0,3
21	0	0,3	1,2	0,3	0,3	2
22	0	0	0,5	1	0,9	0,6
23	0	0	1	1	0,6	1,2
24	0	0,2	1	0,3	0,6	3
25	0	0,6	0,2	1,4	0,6	1,4
26	0	0,9	0,8	0,6	0,6	1,2
Hari Ke	Kontrol	P1	P2	P3	P4	P5
28	0	0,3	0,5	0,6	0,6	0,8
29	0	0,4	0,5	0,7	0,4	0,3
30	0	0,4	0,1	0,8	0,3	1,8
<b>Rata-rata</b>	0	0,59	0,8267	1,22	1,33	1,69
<b>stdev</b>	0	0,4549	0,4611	0,6247	0,888	0,9984
<b>Std error</b>	0	0,083	0,0842	0,1141	0,162	0,1823

a. Tabel semprotan *hairspray*

	l	p	t
chamber	25	30	25,3
	24,9	30,1	25
	25	30	25,3
Rata-rata	24,96666667	30,03333	25,2
Stdev.p	0,047140452	0,04714	0,141421

b. Tabel pengukuran volume *chamber*

	Volume Chamber
Rata-rata Vol	18895,772
Deviasi Vol	75,63435029

ro udara	0,001293
Rata-Rata Massa udara	24,43223
Devisiasi	0,097795

c. Tabel konsentrasi *hairspray* dalam PPM

Konsentrasi <i>hairspray</i> dalam PPM	
Jumlah Semprotan	Konsentrasi <i>hairspray</i> dalam PPM
KONTROL	0
1	19788,98448
2	47549,92979
3	75271,61216
4	84523,05981
5	103337,9234



Lampiran 2 Tabel Hasil Perhitungan Faktor-g hepar dari Mencit yang terpapar *hairspray*

Semprot ke-	Mencit ke-	U <sub>1</sub>	f (MHz)	f (Hz)	I	B	H <sub>f</sub>	h <sub>1</sub> h <sub>2</sub> B	Faktor-g eksperimen	Faktor-g literatur	faktor kalibrasi	faktor-g
1	1	1	17,4	1,7E+07	0,195	0,00083	1,2E-26	7,7E-27	1,50776898	1,501	0,995510599	1,494261409
		2	17,5	1,8E+07	0,195	0,00083	1,2E-26	7,7E-27	1,516434319	1,501	0,989821967	1,485722712
		3	17,8	1,8E+07	0,195	0,00083	1,2E-26	7,7E-27	1,542430336	1,501	0,973139574	1,460682501
		4	17,6	1,8E+07	0,195	0,00083	1,2E-26	7,7E-27	1,525099658	1,501	0,984197978	1,477281166
		5	18	1,8E+07	0,195	0,00083	1,2E-26	7,7E-27	1,559761014	1,501	0,962326912	1,444452695
	2	1	17,4	1,7E+07	0,197	0,00083	1,2E-26	7,7E-27	1,49246168	1,501	1,005720964	1,509587167
		2	17,5	1,8E+07	0,197	0,00083	1,2E-26	7,7E-27	1,501039046	1,501	0,999973987	1,500960955
		3	17,7	1,8E+07	0,196	0,00083	1,2E-26	7,7E-27	1,525939665	1,501	0,983656192	1,476467944
		4	17,1	1,7E+07	0,196	0,00083	1,1E-26	7,7E-27	1,474212897	1,501	1,018170444	1,528273837
		5	17,5	1,8E+07	0,196	0,00083	1,2E-26	7,7E-27	1,508697409	1,501	0,994897977	1,493541863
	3	1	17,4	1,7E+07	0,197	0,00083	1,2E-26	7,7E-27	1,49246168	1,501	1,005720964	1,509587167
		2	17,7	1,8E+07	0,197	0,00083	1,2E-26	7,7E-27	1,518193778	1,501	0,988674846	1,484000944
		3	17,8	1,8E+07	0,197	0,00083	1,2E-26	7,7E-27	1,526771144	1,501	0,983120495	1,47566386
		4	17,6	1,8E+07	0,197	0,00083	1,2E-26	7,7E-27	1,509616412	1,501	0,994292317	1,492432767
		5	17,2	1,7E+07	0,197	0,00083	1,1E-26	7,8E-27	1,450786948	1,501	1,017415394	1,527140506
4	1	17	1,7E+07	0,198	0,00084	1,1E-26	7,8E-27	1,450787811	1,501	1,034610291	1,552950047	
	2	17,2	1,7E+07	0,197	0,00083	1,1E-26	7,7E-27	1,475306948	1,501	1,017415394	1,527140506	
	3	17,3	1,7E+07	0,197	0,00083	1,1E-26	7,7E-27	1,483884314	1,501	1,01153438	1,518313104	
	4	17,6	1,8E+07	0,197	0,00083	1,2E-26	7,7E-27	1,509616412	1,501	0,994292317	1,492432767	
	5	17,7	1,8E+07	0,197	0,00083	1,2E-26	7,7E-27	1,518193778	1,501	0,988674846	1,484000944	
5	1	17,2	1,7E+07	0,199	0,00084	1,1E-26	7,8E-27	1,460479743	1,501	1,027744494	1,542644471	
	2	17,3	1,7E+07	0,199	0,00084	1,1E-26	7,8E-27	1,468970904	1,501	1,021803765	1,533722451	
	3	17,5	1,8E+07	0,199	0,00084	1,2E-26	7,8E-27	1,485953227	1,501	1,010126007	1,516199137	
	4	17,8	1,8E+07	0,199	0,00084	1,2E-26	7,8E-27	1,511426711	1,501	0,993101412	1,490645219	
	5	17,6	1,8E+07	0,199	0,00084	1,2E-26	7,8E-27	1,494444388	1,501	1,0043836655	1,5075834369	

Sempurn ke-	Menciri ke-	Uji	f (MHz)	f (Hz)	I	B	H	min b. B	Faktor-g eksperimen	Faktor-g literatur	faktor kalibrasi	faktor-g
2	1	1	17.7	1.8E+07	0.198	0.00084	1.2E-26	7.76888E-27	1.510526133	1.501	0.9936935	1.491533944
		2	18	1.8E+07	0.198	0.00084	1.2E-26	7.76888E-27	1.536128271	1.501	0.97713942	1.466675044
		3	17.5	1.8E+07	0.198	0.00084	1.2E-26	7.76888E-27	1.493458041	1.501	1.005049997	1.508580046
		4	17.9	1.8E+07	0.198	0.00084	1.2E-26	7.76888E-27	1.527594225	1.501	0.982590779	1.47486876
		5	17.4	1.7E+07	0.198	0.00084	1.2E-26	7.76888E-27	1.484923995	1.501	1.010826447	1.517250046
	2	1	17.3	1.7E+07	0.197	0.00083	1.1E-26	7.72965E-27	1.483884314	1.501	1.01153438	1.518313104
		2	17.5	1.8E+07	0.197	0.00083	1.2E-26	7.72965E-27	1.501039046	1.501	0.999973987	1.500960955
		3	17.7	1.8E+07	0.197	0.00083	1.2E-26	7.72965E-27	1.518193778	1.501	0.988674846	1.484000944
		4	17.8	1.8E+07	0.197	0.00083	1.2E-26	7.72965E-27	1.526771144	1.501	0.983120493	1.47566386
		5	17.5	1.8E+07	0.197	0.00083	1.2E-26	7.72965E-27	1.501039046	1.501	0.999973987	1.500960955
	3	1	17.3	1.7E+07	0.197	0.00083	1.1E-26	7.72965E-27	1.483884314	1.501	1.01153438	1.518313104
		2	17.5	1.8E+07	0.197	0.00083	1.2E-26	7.72965E-27	1.501039046	1.501	0.999973987	1.500960955
		3	17.4	1.7E+07	0.197	0.00083	1.2E-26	7.72965E-27	1.49246168	1.501	1.005720964	1.509587167
		4	17.2	1.7E+07	0.197	0.00083	1.1E-26	7.72965E-27	1.475306948	1.501	1.017415394	1.527140506
		5	17.5	1.8E+07	0.197	0.00083	1.2E-26	7.72965E-27	1.501039046	1.501	0.999973987	1.500960955
	4	1	17.3	1.7E+07	0.198	0.00084	1.1E-26	7.76888E-27	1.476389949	1.501	1.016669072	1.526020277
		2	17.4	1.7E+07	0.198	0.00084	1.2E-26	7.76888E-27	1.484923995	1.501	1.010826447	1.517250046
		3	17.8	1.8E+07	0.198	0.00084	1.2E-26	7.76888E-27	1.5119060179	1.501	0.988110952	1.483154539
		4	17.6	1.8E+07	0.198	0.00084	1.2E-26	7.76888E-27	1.501992087	1.501	0.999339486	1.500008568
		5	17.6	1.8E+07	0.198	0.00084	1.2E-26	7.76888E-27	1.501992087	1.501	0.999339486	1.500008568
5	1	17.4	1.7E+07	0.2	0.00085	1.2E-26	7.84736E-27	1.470074755	1.501	1.021036512	1.532575804	
	2	17.5	1.8E+07	0.2	0.00085	1.2E-26	7.84736E-27	1.478523461	1.501	1.015202017	1.523818228	
	3	17.6	1.8E+07	0.2	0.00085	1.2E-26	7.84736E-27	1.486972166	1.501	1.009433824	1.51516017	
	4	17.7	1.8E+07	0.2	0.00085	1.2E-26	7.84736E-27	1.495420872	1.501	1.003730808	1.506599943	
	5	17.3	1.7E+07	0.2	0.00085	1.1E-26	7.84736E-27	1.46162605	1.501	1.026938457	1.541434624	

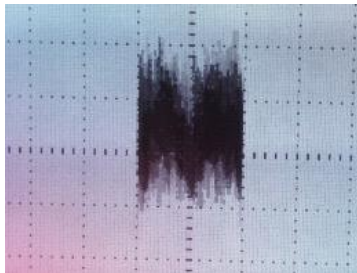
Seputok ke-	Mentri ke-	Uj	f (MHz)	f (Hz)	I	B	hf	min b.B	Faktor-g disiprimen	Faktor-g literatur	faktor kalibrasi	faktor-g
3	1	1	f75	1750000	0.198	0.000838	1.16023E-26	7.76888E-27	1.493458041	1.501	1.005049997	1.508580046
		2	f74	1740000	0.198	0.000838	1.15360E-26	7.76888E-27	1.489923995	1.501	1.010826147	1.517250046
		3	f75	1750000	0.198	0.000838	1.16023E-26	7.76888E-27	1.493458041	1.501	1.005049997	1.508580046
		4	f77	1770000	0.198	0.000838	1.17351E-26	7.76888E-27	1.510526133	1.501	0.9956035	1.491533944
		5	f75	1750000	0.198	0.000838	1.16023E-26	7.76888E-27	1.493458041	1.501	1.005049997	1.508580046
	2	1	f74	1740000	0.198	0.000838	1.15360E-26	7.76888E-27	1.489923995	1.501	1.010826147	1.517250046
		2	f73	1730000	0.198	0.000838	1.14699E-26	7.76888E-27	1.476389949	1.501	1.016669072	1.526020277
		3	f76	1760000	0.198	0.000838	1.16688E-26	7.76888E-27	1.501923087	1.501	0.9999339486	1.500008568
		4	f71	1710000	0.198	0.000838	1.13373E-26	7.76888E-27	1.459321857	1.501	1.028559959	1.543868468
		5	f72	1720000	0.198	0.000838	1.14036E-26	7.76888E-27	1.467855903	1.501	1.022579959	1.534892488
	3	1	f71	1710000	0.199	0.000842	1.13373E-26	7.80812E-27	1.451988582	1.501	1.033754686	1.551665783
		2	f73	1730000	0.199	0.000842	1.14699E-26	7.80812E-27	1.468970904	1.501	1.021803765	1.533727451
		3	f74	1740000	0.199	0.000842	1.15360E-26	7.80812E-27	1.471462066	1.501	1.015991329	1.524912925
		4	f75	1750000	0.199	0.000842	1.16023E-26	7.80812E-27	1.485953227	1.501	1.010126807	1.516199137
		5	f74	1740000	0.199	0.000842	1.15360E-26	7.80812E-27	1.477462066	1.501	1.015931329	1.524912925
4	1	f73	1730000	0.2	0.000846	1.14699E-26	7.84736E-27	1.46162605	1.501	1.026938457	1.541454624	
	2	f75	1750000	0.2	0.000846	1.16023E-26	7.84736E-27	1.478523461	1.501	1.015202017	1.537881828	
	3	f76	1760000	0.2	0.000846	1.16688E-26	7.84736E-27	1.486972166	1.501	1.009943824	1.51516017	
	4	f72	1720000	0.2	0.000846	1.16023E-26	7.84736E-27	1.478523461	1.501	1.015202017	1.537881828	
	5	f72	1720000	0.2	0.000846	1.14036E-26	7.84736E-27	1.453177344	1.501	1.032909029	1.550396453	
5	1	f75	1750000	0.201	0.00085	1.16023E-26	7.88659E-27	1.471167623	1.501	1.020279807	1.531437319	
	2	f73	1730000	0.201	0.00085	1.14699E-26	7.88659E-27	1.454534278	1.501	1.030731449	1.549144797	
	3	f72	1720000	0.2	0.000846	1.14036E-26	7.84736E-27	1.453177344	1.501	1.032909029	1.550396453	
	4	f74	1740000	0.2	0.000846	1.15360E-26	7.84736E-27	1.470074755	1.501	1.021036512	1.532575804	
	5	f75	1750000	0.2	0.000846	1.16023E-26	7.84736E-27	1.478523461	1.501	1.015202017	1.523818228	

Sempul ke	Mencik ke-	Uji	f(MH)	f(H)	I	B	H'	min b, B	Faktor-g eksperimen	Faktor-g literature	faktor kalibrasi	faktor-g
4	1	1	17.4	1.7E+07	0.201	0.00085	1.2E-26	7.88659E-27	1.46276095	-	-	-
		2	17.5	1.8E+07	0.2	0.00085	1.2E-26	7.84736E-27	1.478323461	-	-	-
		3	17.3	1.7E+07	0.2	0.00085	1.1E-26	7.84736E-27	1.46162605	-	-	-
		4	17.1	1.7E+07	0.2	0.00085	1.1E-26	7.84736E-27	1.444728639	-	-	-
		5	17.4	1.7E+07	0.2	0.00085	1.2E-26	7.84736E-27	1.470074755	-	-	-
	2	1	17.2	1.7E+07	0.199	0.00084	1.1E-26	7.80812E-27	1.460479743	-	-	-
		2	17.3	1.7E+07	0.198	0.00084	1.1E-26	7.76888E-27	1.476889949	-	-	-
		3	17.4	1.7E+07	0.198	0.00084	1.2E-26	7.76888E-27	1.484923995	-	-	-
		4	17.2	1.7E+07	0.198	0.00084	1.1E-26	7.76888E-27	1.467855903	-	-	-
		5	17.3	1.7E+07	0.198	0.00084	1.1E-26	7.76888E-27	1.476889949	-	-	-
	3	1	17.3	1.7E+07	0.198	0.00084	1.1E-26	7.76888E-27	1.476889949	-	-	-
		2	17.4	1.7E+07	0.198	0.00084	1.2E-26	7.76888E-27	1.484923995	-	-	-
		3	17.2	1.7E+07	0.198	0.00084	1.1E-26	7.76888E-27	1.467855903	-	-	-
		4	17.1	1.7E+07	0.198	0.00084	1.1E-26	7.76888E-27	1.45921857	1.501	1.028559939	1.543868468
		5	17.3	1.7E+07	0.198	0.00084	1.1E-26	7.76888E-27	1.476889949	1.501	1.016669072	1.526020277
4	1	17.1	1.7E+07	0.199	0.00084	1.1E-26	7.80812E-27	1.451988582	1.501	1.033754686	1.551665783	
	2	16.9	1.7E+07	0.199	0.00084	1.1E-26	7.80812E-27	1.435006239	-	-	-	
	3	17.1	1.7E+07	0.199	0.00084	1.1E-26	7.80812E-27	1.451988582	-	-	-	
	4	16.9	1.7E+07	0.199	0.00084	1.1E-26	7.80812E-27	1.435006239	-	-	-	
	5	17	1.7E+07	0.199	0.00084	1.1E-26	7.80812E-27	1.44349742	-	-	-	
5	1	17.2	1.7E+07	0.2	0.00085	1.1E-26	7.84736E-27	1.45317344	1.501	1.032909029	1.550396453	
	2	16.9	1.7E+07	0.2	0.00085	1.1E-26	7.84736E-27	1.427831228	-	-	-	
	3	17	1.7E+07	0.2	0.00085	1.1E-26	7.84736E-27	1.436279933	-	-	-	
	4	17.2	1.7E+07	0.2	0.00085	1.1E-26	7.84736E-27	1.45317344	1.501	1.032909029	1.550396453	
	5	17.1	1.7E+07	0.2	0.00085	1.1E-26	7.84736E-27	1.444728639	1.501	1.038949433	1.559463099	

Sampel ke	Menit ke-	Uji	f (MHz)	f (Hz)	I	B	hf	min b B	Faktor-g eksperimen	Faktor-g literatur	faktor kalibrasi	faktor-g
5	1	1	17.2	1720000	0.199	0.00084	1.1E-26	7.808.2E-27	1.46479743	1.501	1.027744484	1.542644471
		2	17.1	1710000	0.199	0.00084	1.1E-26	7.808.2E-27	1.451988582	1.501	1.035754686	1.551665783
		3	17	1700000	0.199	0.00084	1.1E-26	7.808.2E-27	1.44349742	1.501	1.039835596	1.560795229
		4	17.1	1710000	0.199	0.00084	1.1E-26	7.808.2E-27	1.451988582	1.501	1.035754686	1.551665783
		5	17	1700000	0.199	0.00084	1.1E-26	7.808.2E-27	1.44349742	1.501	1.039835596	1.560795229
	2	1	16.9	1690000	0.199	0.00084	1.1E-26	7.808.2E-27	1.45006259	1.501	1.045988469	1.570028692
		2	17.1	1710000	0.199	0.00084	1.1E-26	7.808.2E-27	1.451988582	1.501	1.035754686	1.551665783
		3	17.3	1730000	0.199	0.00084	1.1E-26	7.808.2E-27	1.468970904	1.501	1.021803765	1.533727451
		4	17.2	1720000	0.199	0.00084	1.1E-26	7.808.2E-27	1.460479743	1.501	1.027744484	1.542644471
		5	17.2	1720000	0.199	0.00084	1.1E-26	7.808.2E-27	1.460479743	1.501	1.027744484	1.542644471
	3	1	17.2	1720000	0.198	0.00084	1.1E-26	7.76888E-27	1.467855903	1.501	1.022579939	1.534892488
		2	17.3	1730000	0.198	0.00084	1.1E-26	7.76888E-27	1.476389949	1.501	1.016669072	1.526020277
		3	17.1	1710000	0.198	0.00084	1.1E-26	7.76888E-27	1.459321857	1.501	1.028559939	1.543868468
		4	17.2	1720000	0.198	0.00084	1.1E-26	7.76888E-27	1.467855903	1.501	1.022579939	1.534892488
		5	17.1	1710000	0.198	0.00084	1.1E-26	7.76888E-27	1.459321857	1.501	1.028559939	1.543868468
4	1	17.6	1760000	0.197	0.00083	1.2E-26	7.72965E-27	1.506616412	1.501	0.994292317	1.492432767	
	2	17.5	1750000	0.197	0.00083	1.2E-26	7.72965E-27	1.501039046	1.501	0.999973987	1.500960955	
	3	17.4	1740000	0.197	0.00083	1.2E-26	7.72965E-27	1.49246168	1.501	1.005720964	1.509587167	
	4	17.7	1770000	0.197	0.00083	1.2E-26	7.72965E-27	1.518193778	1.501	0.988674846	1.484009944	
	5	17.5	1750000	0.197	0.00083	1.2E-26	7.72965E-27	1.501039046	1.501	0.999973987	1.500960955	
5	1	17.6	1760000	0.197	0.00083	1.2E-26	7.72965E-27	1.506616412	1.501	0.994292317	1.492432767	
	2	17.6	1760000	0.197	0.00083	1.2E-26	7.72965E-27	1.506616412	1.501	0.994292317	1.492432767	
	3	17.8	1780000	0.197	0.00083	1.2E-26	7.72965E-27	1.526771144	1.501	0.985120493	1.47566386	
	4	17.7	1770000	0.197	0.00083	1.2E-26	7.72965E-27	1.518193778	1.501	0.988674846	1.484009944	
	5	17.5	1750000	0.197	0.00083	1.2E-26	7.72965E-27	1.501039046	1.501	0.999973987	1.500960955	

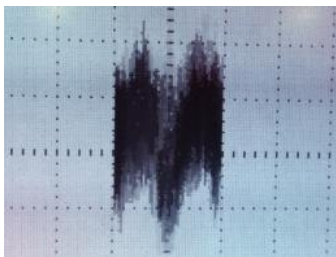
Lampiran 3 Hasil Osiloskop dari ESR Hati dari Mencit yang Terpapar *Hairspray*

- a. Perlakuan kontrol
- b. Perlakuan dosis 1x semprot



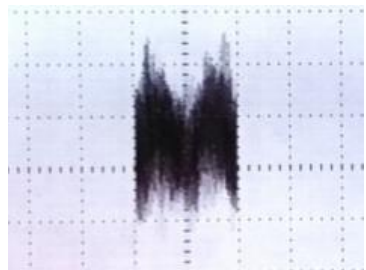
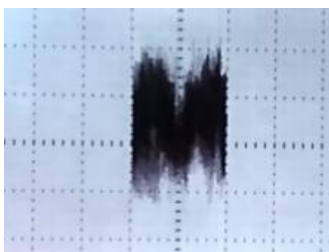
Gambar hasil ESR mencit ke 4

- c. Perlakuan 2x dosis semprot



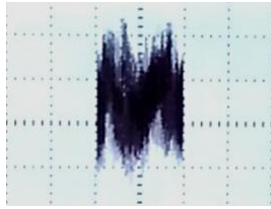
Gambar hasil ESR mencit ke 2

- d. Perlakuan 3x dosis semprot



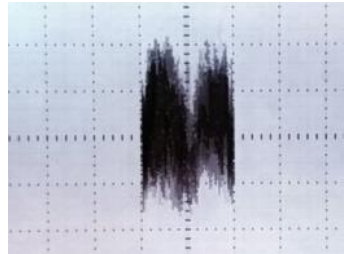
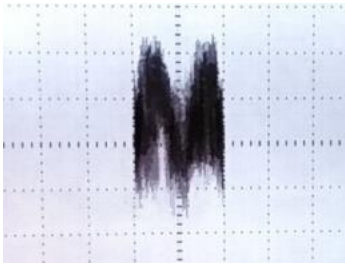
Gambar hasil ESR mencit ke 3 dan ke 5

e. Perlakuan dosis 4x semprot



Gambar hasil ESR mencit ke 4

f. Perlakuan dosis 5x semprot



Gambar hasil ESR mencit ke 1 dan ke 2

Lampiran 4 Perhitungan Kelistrikan Organ Menggunakan Multimeter

<b>PERLAKUAN</b>	<b>RESISTIVITAS</b>	<b>ST.DEV</b>	<b>KONDUKTIVITAS</b>	<b>ST.DEV</b>
KONTROL	33,349626	4,00207 505	0,029985344	0,051646 048
1	22,608		0,04423213	
2	18,979416		0,05268866	
3	14,901498		0,067107347	
4	12,082563		0,082763897	
5	5,360922		0,186535077	

<b>KONSTANTA DIELEKTRIK</b>	<b>ST.DEV</b>
3825526,487	1327337099765
1995609,774	
1276284,381	
727002,2911	
0,474560278	
0,955006178	



Lampiran 5 Perhitungan kelistrikan organ menggunakan LCR meter

<b>PERLAKUAN</b>	<b>RESISTIVITAS</b>	<b>ST.DEV</b>	<b>KONDUKTIVITAS</b>	<b>ST.DEV</b>
KONTROL	14,55797415	3,573785174	0,104637499	0,061815557
1	12,0459663		0,116379956	
2	10,66727865		0,126450639	
3	6,33629235		0,174087639	
4	6,31914795		0,205208025	
5	4,59034245		0,282454991	

<b>KONSTANTA DIELEKTRIK</b>	<b>ST.DEV</b>	<b>IMPEDANSI</b>	<b>ST.DEV</b>
9190166,639	2000432,15	4210,187879	1008,898165
5055354,97		3410,046866	
4075378,614		3020,320197	
3791377,084		2020,283302	
3594667,221		1788,862307	
3494897,395		1299,463359	

## Lampiran 6 Perhitungan impedansi menggunakan impedansi meter

Frekuensi	KONTROL	1X SEMPROT	2X SEMPROT	3X SEMPROT	4X SEMPROT	5X SEMPROT
1	3343,731192	4563,136836	820197,5054	8272,583654	4325,230759	4038,286827
2	2551,771597	3631,700428	776158,3506	7936,990776	3008,173669	3546,564772
3	2119,552577	3222,108825	747208,8121	7612,004499	2701,855011	3143,513906
4	1851,91266	2858,832716	704399,2806	7475,815733	2551,099845	2897,440747
5	1365,599971	2642,104488	661642,7143	7206,125207	2424,527731	2720,805473
6	1195,310981	2477,348608	549490,5315	7359,850221	2431,740221	2594,516202
7	1113,92299	2377,292998	508839,5905	7383,184745	2339,533496	2364,98934
8	1052,93503	2258,322282	451788,6598	7400,720993	2292,015921	2440,791187
9	1013,938091	2186,727721	393371,6992	7214,75191	2259,63043	2360,888121
10	977,0271172	2045,129588	364875,2011	7214,044803	2223,992248	2378,707212
20	823,408169	1697,940158	337143,8845	7081,532992	1985,626552	1984,537608
30	795,4244182	1618,602777	266941,8128	6718,603366	1899,797931	1868,2044
40	711,5615539	1516,744046	224530,4517	6551,55646	1825,848704	1795,62696
50	725,8274332	1481,636194	162663,0646	6466,378377	1870,156015	1726,613338
60	712,357049	1465,178284	153318,6767	6429,481545	1791,836868	1713,998553
70	694,8738339	1446,492987	138180,1852	6342,592264	1786,703273	1698,626052
80	690,2422845	1435,479799	138627,1927	6305,964132	1774,229909	1712,38635
90	668,0037762	1427,100583	124172,5441	6362,716523	1737,21994	1689,348811
100	658,2633803	1423,529694	3392,730156	6093,803814	1754,954178	1688,684131
200	620,0089034	1370,708818	2575,341233	5803,861749	1677,837113	1545,947556
300	586,5804303	1299,238	2203,37655	5719,192783	1650,429654	1481,657407
400	578,4310247	1287,146474	1795,181483	5515,800589	1623,771728	1435,624756
500	569,5391569	1259,657698	1601,685248	5290,275952	1600,60691	1412,615501
600	558,5966795	1241,025434	1446,883663	5210,061759	1654,064183	1380,696701
700	551,667033	1236,393885	1302,711662	5236,118283	1599,192696	1364,221113
800	548,1314991	1211,344627	1191,165567	5204,871595	1541,506925	1347,971799
900	538,6385906	1203,937683	1108,029255	5160,564284	1494,682314	1331,185084
1000	533,5474217	1202,081528	1030,129069	4916,330138	1492,037735	1326,801022
2000	514,9681911	1182,618414	784,4059267	4685,47338	1395,475233	1210,114261
3000	494,8510031	1153,503292	670,6306779	4593,662635	1312,14977	1138,102506
4000	457,6395088	1102,662315	502,0546535	4339,514316	1254,393288	1071,676895
5000	450,780573	1074,413399	573,0322644	4180,160732	1207,483824	1035,359891
6000	435,7899092	1018,127699	531,5250964	4100,795067	1169,540474	1002,974401
7000	429,1784608	976,5674978	504,0716756	3981,902133	1132,346657	980,0924251
8000	405,7732264	949,1847877	500,6810986	3913,991597	1113,0285	948,8524475
9000	397,5177547	930,6232347	484,8065513	3858,356436	1082,006654	925,8997614
10000	397,447044	906,4048275	472,1846953	3477,423871	1050,704108	903,8238877
20000	359,5461206	855,2633295	429,8961742	3013,377974	894,2355198	753,2384276
30000	339,0046686	819,1478507	48157,17782	2615,644552	798,6771094	664,9915013
40000	317,8975312	796,6105898	47032,37642	2381,634634	720,1882566	608,649233
50000	304,1973373	699,2437538	46493,37932	2184,167994	673,3212192	582,0195916
60000	295,8888326	639,104322	45949,84416	1986,220522	647,9360857	532,2392742
70000	286,9969648	591,6061918	45616,03022	1846,962912	620,4154898	507,7026689
80000	286,077726	546,1197803	45309,13683	1746,398186	604,7742878	486,7723082
90000	274,9584719	522,8241474	45146,49265	1641,972657	592,173645	471,2018168
100000	272,5719865	504,9308103	45010,64839	1260,696438	578,10222	459,124433
200000	237,0398707	458,5145534	43891,17235	852,6434989	502,5973579	364,5983985
300000	208,9146985	417,5766063	43389,5795	590,6745786	405,6530182	298,9223207
400000	173,5593594	314,6943374	38775,17021	419,7951539	302,712413	212,5845827
500000	154,8740627	254,2420109	36048,58824	339,001133	253,596776	184,4275907
600000	136,9312282	183,9202416	32889,80804	242,3254939	208,7379218	143,3022603
700000	123,2310343	173,9376616	32840,61659	205,9094947	188,4439572	136,3301874
800000	126,9433449	170,2394931	28551,37166	169,7904803	179,4354168	126,4024082
900000	119,3437148	157,8474468	28515,94576	136,2453346	153,2300395	111,0440489
1000000	110,4589181	116,7486329	24256,95233	98,75029042	126,4306925	86,59229642

## Lampiran 7 Gambar Alat dan Bahan yang digunakan



Multimeter



LCR meter



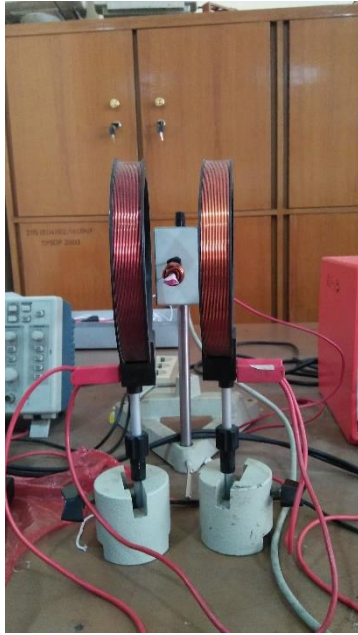
Chamber



Impedansi meter



ESR



Solenoida pada ESR



Alat sentrifuge



Mencit



Sarung Tangan



Kandang mencit



Timbangan



Tabung durham



Jarum pentul



Alas bedah




PBS



Alkohol

Lampiran 8 Sertifikat Kode Etik



**KOMISI ETIK PENELITIAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**KETERANGAN KELAIKAN ETIK  
"ETHICAL CLEARANCE"**

No: 1033-KEP-UB

**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** : ANALISIS SIFAT KELISTRIKAN, KANDUNGAN RADIKAL BEBAS DAN GAMBARAN MIKROSKOPIS PADA ORGAN HATI DARI MENCIT (*Mus musculus*) YANG TERPAPAR HAIRSPRAY

**PENELITI** : ALFIANA WIRANINGSIH

**UNIT/LEMBAGA/TEMPAT** : UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**DINYATAKAN** : LAIK ETIK

Malang, 2 November 2018  
Ketua Komisi Etik Penelitian  
Universitas Brawijaya

  
Prof. Dr. H. Aulanni'am, DES.  
NID. 19600903 198302 2 001



**plagiarism detector**  
Cutting-edge class tool for plagiarism detection and prevention

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**PASCASARJANA**

**CERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI**

Nomor: 8377UN10.FA0/PN/2019  
Sertifikat ini diberikan kepada:

Nama : Alhana Wirahingsih  
NIM : 1550903011111004  
Program Studi : Program Studi Fisika  
Fakultas : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas : Universitas Brawijaya

Dengan Judul Skripsi  
**Analisis Sifat Kelistrikan, Kandungan Radikal Bebas dan Gambaran Mikroskopis pada Organ Hati dari Mencit (*Mus musculus*) yang Terpapar Hairspray**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya secara online pada tanggal **6 Mei 2019** dan dinyatakan bebas plagiasi dengan kriteria toleransi  $\leq 5\%$ .

Malang, 7 Mei 2019  
Ketua Badan Pembentukan Jurnal

Prof. Dr. Marjono, M.Phil  
NIP. 197211161988031004

Indak Yanti, S.Si, M.Si.  
NIP. 19791129 200501 2 002

19 0012 S

Scanned by CamScanner