

**PENGARUH PEMBERIAN ANTIOKSIDAN TERHADAP SIFAT  
KELISTRIKAN DAN KEBERADAAN RADIKAL BEBAS PADA  
SEL DARAH MENCIT YANG TERPAPAR AIRFRESHENER**

**SKRIPSI**

Oleh :  
**Hafidz Assad**  
**155090307111020**



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



**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**PENGARUH PEMBERIAN ANTIOKSIDAN TERHADAP SIFAT  
KELISTRIKAN DAN KEBERADAAN RADIKAL BEBAS PADA  
SEL DARAH MENCIT YANG TERPAPAR *AIRFRESHENER***

Oleh

**HAFIDZ ASSAD**

**155090307111020**

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji pada tanggal

.....

Dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

**Drs. Unggul P. Juswono, M.Sc**

**NIP. 196501111990021002**

**Dr. Eng. Didik R. Santoso, M.Si**

**NIP. 196906101994021001**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Fisika**

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

**Universitas Brawijaya**

**Prof. Dr. rer. Nat. Muhammad Nurhuda**

**NIP. 1964091011990021001**



## **LEMBAR PERNYATAAN**

**Saya yang bertanda tangan di bawah ini :**

**Nama : Hafidz Assad**

**NIM : 155090307111020**

**Jurusan : Fisika**

**Penulis Skripsi Berjudul :**

**PENGARUH PEMBERIAN ANTIOKSIDAN TERHADAP SIFAT  
KELISTRIKAN DAN KEBERADAAN RADIKAL BEBAS PADA  
SEL DARAH MENCIT YANG TERPAPAR AIRFRESHENER**

**Dengan ini menyatakan bahwa :**

- 1. Isi dari skripsi yang saya tulis dan saya buat adalah benar-benar karya saya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.**
- 2. Apabila di kemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil menjiplak, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.**

**Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.**

**Malang, 20 Oktober 2019**

**Yang menyatakan,**

**Hafidz Assad  
155090307111020**





**PENGARUH PEMBERIAN ANTIOKSIDAN TERHADAP  
SIFAT KELISTRIKAN DAN KEBERADAAN RADIKAL  
BEBAS PADA SEL DARAH MENCIT YANG TERPAPAR  
AIRFRESHENER**

**ABSTRAK**

*Airfreshener* atau biasa disebut sebagai pengharum ruangan, merupakan produk industri yang sering digunakan untuk memberikan aroma yang wangi dalam suatu ruangan. Ketergantungan terhadap penggunaan *airfreshener* hari ini menjadikan masyarakat terbiasa untuk terus terpapar *airfreshener* dengan intensitas yang cukup tinggi. *Airfreshener* memiliki kandungan senyawa kimia berbahaya yang dapat memicu keberadaan radikal bebas di dalam tubuh, radikal bebas yang terdapat di dalam tubuh dapat mengakibatkan kerusakan sel dan organ vital di dalam tubuh, seperti sel darah. Kerusakan sel darah akibat radikal bebas dapat dianalisa melalui sifat kelistrikannya. Salah satu cara untuk menekan kandungan radikal bebas di dalam sel darah akibat *airfreshener* adalah dengan mengonsumsi antioksidan seperti ekstrak dari campuran jambu biji, pare, brokoli, dan bawang merah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sel darah mencit yang telah diberikan ekstrak dari campuran jambu biji, pare, brokoli, dan bawang merah dapat menekan kerusakan sel serta menurunkan keberadaan radikal bebas yang diakibatkan oleh paparan *airfrshener*. Dosis yang tepat dan optimal terjadi pada dosis antioksidan kedua yaitu 69,5 mg/20 gr mencit.

**Kata kunci :** *Airfreshener, radikal bebas, sifat kelistrikan, sel darah, antioksidan*





# **THE EFFECT OF ANTIOXIDANT GIVING ON THE ELECTRICAL PROPERTIES AND FREE RADICAL EXISTENCE FROM MICE BLOOD CELL WHERE AFFECTED BY AIRFRESHENER**

## **ABSTRACT**

Airfreshener is an industrial product that is often used to provide a fragrant aroma in a room. The dependence on the use of airfreshener makes people accustomed to being exposed to airfreshener with a fairly high intensity. Airfreshener contains dangerous chemical compounds that can trigger the presence of free radicals in the body, free radicals contained in the body can cause damage to cells and vital organs in the body, such as blood cells. Blood cell damage due to free radicals can be analyzed through its electrical properties. One way to suppress the content of free radicals in blood cells due to airfreshener is to consume antioxidants such as extracts from a mixture of guava, bitter melon, broccoli, and shallots. The results showed that the blood cells of mice that had been given extracts from a mixture of guava, bitter melon, broccoli, and shallots can suppress cell damage and reduce the presence of free radicals caused by airfreshener exposure. The right and optimal dose occurs at the second antioxidant dose, which is 69.5 mg / 20 g of mice.

**Keywords** : *Airfreshener, free radicals, electrical properties, blood cells, antioxidant*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat merampungkan skripsi dengan judul: **“Pengaruh Pemberian Antioksidan Terhadap Sifat Kelistrikan Dan Keberadaan Radikal Bebas Pada Sel Darah Mencit Yang Terpapar Airfreshener”**. Dapat diselesaikan.

Penyusunan proposal skripsi ini dilaksanakan sebagai salah satu syarat menempuh jenjang perkuliahan s1 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 kami mengucapkan terimakasih atas bimbingan dan bantuan yang diberikan oleh :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada hamba-Nya.
2. Bapak Ishak Yunus dan ibu Uftalia selaku kedua orang tua penulis yang telah memberikan dukungan secara moril maupun materil dan selalu mendoakan.
3. Bapak Drs. Adi Susilo, M.Si., Ph.D selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya.
4. Prof. Dr. rer.nat Muhammad Nurhuda selaku Ketua Jurusan Universitas Brawijaya.
5. Ibu Dr. Eng. Masruroh, S.Si., M.Si. selaku Ketua Program Studi Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya.
6. Drs. Unggul P. Juswono, M.Sc selaku dosen pembimbing satu yang bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan dan masukan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
7. Bapak Dr. Eng. Didik Rahadi Santoso, M.Si. selaku dosen pembimbing dua yang sudah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan,

arahan dan masukan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

8. Teman-teman seperjuangan Faisal, Bara, Cica, Anggita dan teman-teman bimbingan lainnya yang selalu memberi inspirasi serta semangat dalam pelaksanaan penelitian.

Malang, 20 Oktober 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....	iii
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Batasan Masalah .....	4
1.4. Tujuan Penelitian .....	4
1.5. Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
2.1. Pengharum Ruangan .....	7
2.1.1. Definisi dan macamnya .....	7
2.1.2. Dampak Negatif .....	7
2.2. Antioksidan .....	8
2.2.1. Definisi .....	8
2.2.2. Fungsi .....	9
2.2.3. Mekanisme Reaksi .....	10
2.2.4. Antioksidan alami dalam tubuh .....	11
2.3. Radikal Bebas .....	11
2.3.1. Definisi .....	11
2.3.2. Sumber Radikal Bebas .....	12
2.3.3. Dampak Negatif .....	13
2.4. Mencit .....	14



2.4.1. Klasifikasi Mencit .....	14
2.4.2. Parameter Kesehatan Mencit .....	15
2.4.3. Kebutuhan Nutrisi Mencit .....	16
2.4.4. Tingkah Laku Mencit .....	16
2.4.5. Adaptasi Mencit .....	17
2.5. Sel Darah .....	20
2.5.1. Definisi .....	20
2.5.2. Plasma .....	21
2.5.3. Eritrosit .....	21
2.5.4. Trombosit .....	22
2.5.5. Leukosit .....	22
2.5.6. Kelistrikan Sel Darah .....	23
2.6. Sifat Kelistrikan Tubuh .....	24
2.6.1. Pengertian Biolistrik .....	23
2.6.2. Karakteristik Kelistrikan Sel .....	23
2.6.3. Persamaan Fisika Dalam Kelistrikan Tubuh .....	24
2.7. Electron Spin Resonance (ESR) .....	25
2.7.1. Pengertian ESR .....	25
2.7.2. Prinsip kerja ESR .....	26
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>27</b>
3.1. Waktu Dan Tempat pelaksanaan penelitian .....	28
3.2. Alat dan Bahan .....	28
3.3. Tahapan Penelitian .....	28
3.4. Tata laksana percobaan .....	32
3.4.1. Pengadabtasian Hewan Uji Coba .....	32
3.4.2. Pemaparan Airfreshener .....	32
3.4.3. Penginjeksian Antioksidan Pada Mencit .....	32
3.4.4. Pengukuran ESR dan Kapasitansi Meter .....	36
3.4.5. Pengujian Kadar MDA .....	37

3.4.6. Pengukuran Sel Darah dengan Unit ESR dan Picoscope S5000 .....	37
3.4.7. Perhitungan Besar Amplitudo Kuadrat Kurva Resonansi ESR .....	38
3.5. Analisa Data .....	39
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>41</b>
4.1. Kalibrasi Alat Electron Spin Resonance .....	41
4.2. Jumlah Semprotan <i>Airfreshener</i> dan Dosis Antioksidan yang Diberikan pada Mencit .....	42
4.3. Identifikasi Jenis Radikal Bebas pada Sel Darah Mencit.....	42
4.4. Efek dari Dosis Antioksidan dengan Keberadaan Radikal Bebas pada Sel Darah Mencit .....	45
4.5. Efek Dari Dosis Antioksidan dengan Nilai Amplitudo Kuadrat Kurva Resonansi ESR .....	49
4.6. Efek Dosis Antioksidan dengan Kadar MDA .....	51
4.7. Efek Dosis Antioksidan Dengan Konstanta Dielektrik Sel Darah Mencit.....	53
4.8. Efek Dosis Antioksidan dengan Nilai Impedansi Sel Darah Mencit.....	55
4.9. Efek Dosis Antioksidan Dengan Resistivitas Sel Darah Mencit.....	59
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>63</b>
5.1. Kesimpulan .....	63
5.2. Saran .....	63
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>65</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>75</b>



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Pengharum Ruangan .....	9
<b>Gambar 2.2</b> Antioksidan Jambu, Pare, Bawang Merah dan Brokoli .....	12
<b>Gambar 2.3</b> Mekanisme Radikal Bebas .....	15
<b>Gambar 2.4</b> Mus musculus sebagai objek percobaan .....	18
<b>Gambar 2.5</b> Sel Darah .....	22
<b>Gambar 2.6</b> Kelistrikan Tubuh .....	19
<b>Gambar 2.7</b> Electron Spin Resonance .....	26
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian .....	30
<b>Gambar 3.2</b> Injeksi Antioksidan Pada Mencit .....	33
<b>Gambar 3.3</b> Kurva lisajous unit ESR.....	37
<b>Gambar 4.1</b> Kurva yang dihasilkan Kalibrasi DPPH.....	42
<b>Gambar 4.2</b> Gambar sel darah sehat dan rusak .....	43
<b>Gambar 4.3</b> Reaksi Vitamin C dengan $O_2^-$ .....	46
<b>Gambar 4.4</b> Reaksi Vitamin E dengan $O_2^-$ .....	46
<b>Gambar 4.5</b> Reaksi Flavanoid dengan $O_2^-$ .....	48
<b>Gambar 4.6</b> Reaksi Karatenoid dengan $O_2^-$ .....	48
<b>Gambar 4.7</b> Grafik hubungan antara antioksidan Terhadap Intensitas Radikal Bebas pada Sel Darah Mencit.....	49
<b>Gambar 4.8</b> Grafik hubungan dosis antioksidan dan kadar MDA .....	51
<b>Gambar 4.9</b> Grafik hubungan dosis antioksidan dan konstanta dielektrik .....	53

<b>Gambar 4.10</b> Grafik yang menggambarkan korelasi antara impedansi dan frekuensi sel darah.....	57
<b>Gambar 4.11</b> Rangkaian ekuivalen sel elemen Maxwell-Wagner.....	57
<b>Gambar 4.12</b> Grafik hubungan dosis antioksidan dan impedansi.....	58
<b>Gambar 4.13</b> Grafik hubungan resistivitas terhadap dosis antioksidan.....	60



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Paramater Kesehatan Mencit .....	16
<b>Tabel 3.1</b> Tahapan Perlakuan Pada Mencit .....	27
<b>Tabel 3.2</b> Variasi Dosis Antioksidan Terhadap Mencit .....	28
<b>Tabel 3.3</b> Konversi Dosis Antara Manusia Dan Hewan .....	32
<b>Tabel 3.4</b> Dosis Antioksidan Pada Mencit .....	33
<b>Tabel 4.1</b> Nilai Kalibrasi DPPH .....	41
<b>Tabel 4.2</b> Identifikasi jenis radikal bebas pada sel .....	43

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Meningkatnya kualitas hidup adalah target yang harus tercapai di zaman ini di mana polusi udara tinggi. Polusi udara terdiri atas polusi udara yang terdapat di dalam ruangan, dan polusi udara yang berada di luar ruangan serta polusi udara akibat dari lingkungan kerja, polusi di dalam ruangan jauh lebih berbahaya dibandingkan dengan yang berada di luar ruangan (Muhammad dan Noor, 2013). Polusi udara sering kali masuk ke dalam ruangan melalui ventilasi kecil di dalam rumah. Polusi udara banyak memberikan dampak kesehatan terhadap kehidupan manusia baik pada orang dewasa maupun anak-anak (Fahimah, 2014). termasuk salah satunya polusi udara di dalam ruangan. Polusi udara di dalam ruangan menyebabkan 1,6 juta kematian akibat *pneumonia*, penyakit pernapasan kronis dan kanker paru-paru dengan beban penyakit secara keseluruhan melebihi beban dari polusi udara luar lima kali lipat (Haryani, 2015). Dampak pertama yang dikeluhkan adalah masalah bau yang dihasilkan tidak sedap, sehingga mengganggu indera penciuman. Untuk mengatasi masalah tersebut beberapa pabrik mencetuskan inovasi baru dengan pengharum ruangan.

Pengharum ruangan adalah produk yang mengandung bahan kimia dengan tujuan untuk mengurangi bau yang tidak menyenangkan di ruangan tertutup (Caress dan Steinemann, 2009). Bentuk pengharum ruangan di pasaran terbagi menjadi empat jenis antara lain, padat, cair, semprot, dan gel. Bahan pewangi yang digunakan pada pengharum ruangan dibagi menjadi dua jenis yaitu, pewangi sintetis dan pewangi alami. Pewangi sintetis memiliki wangi yang lebih tajam, sedangkan pewangi alami memiliki wangi yang lebih lembut sehingga lebih nyaman digunakan (Sinurat, 2009).

Pengharum ruangan sering digunakan di beberapa tempat seperti di dalam rumah, instansi pendidikan dan tempat umum. Keamanan dari pengharum ruangan masih menjadi perhatian khusus dan memunculkan beberapa pertanyaan terkait efek sampingnya. Pengharum ruangan secara eksplisit melepaskan bahan-bahan kimia yang dikandung ke udara kemudian dihirup oleh konsumen, partikel pencemaran secara langsung dibebaskan dari suatu produk dan

menyebabkan terjadinya peningkatan risiko terhadap kesehatan (Nazaroff, 2006). Pengharum ruangan adalah zat pewangi yang banyak digunakan karena mengisyaratkan kebersihan walaupun diketahui mengandung zat berbahaya (Noor, 2015). Pemakaian produk pengharum ruangan tanpa aturan yang jelas cenderung memperburuk dampak kesehatan pada masyarakat sekitar. World Health Organization (WHO) pada tahun 2005 telah menilai kontribusi dari berbagai faktor risiko terhadap beban penyakit dan mengungkapkan polusi udara di dalam rumah sebagai faktor risiko kedelapan yang paling penting dan bertanggung jawab atas 2,7% dari beban penyakit global.

Menurut *National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH) 1997 yang dikutip oleh Depkes RI pada tahun 2005, penyebab timbulnya masalah kualitas udara dalam ruangan pada umumnya disebabkan oleh beberapa hal yaitu kurangnya ventilasi udara (52%), adanya sumber kontaminan di dalam ruangan (16%), kontaminan dari luar ruangan (10%), mikroba (5%), bahan material bangunan (4%), lain-lain (13%), sumber pencemaran udara dalam ruangan terbanyak berasal dari bahan kimia (SCHER, 2006). Kandungan bahan kimia yang sering berada di dalam pengharum ruangan adalah *phthalates*, *asetaldehida*, *toluena*, *stirena*, *chlorbenzene*, *paradichlorobenzene*, *formaldehyde*, *benzyl acetate*, *benzyl alcohol*, *ethanol*, *limonene*, dan *linalool* yang masing-masing senyawa tersebut sangat beracun serta memiliki potensi untuk meracuni tubuh sebagai radikal bebas yang dapat menyebabkan kanker (Steinemann, 2017).

Produk pengharum ruangan beraroma memancarkan satu atau lebih karsinogen polutan udara berbahaya, karsinogen atau pemicu kanker yang dimaksud adalah *1,4-dioksan*, *asetaldehida*, *formaldehida*, dan *metilen klorida* (Steinemann, 2011) yang tidak memiliki tingkat pendedahan yang aman menurut Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat atau *Environmental Protection Agency*. Pendedahan zat yang bersifat toksik pada hati ditandai dengan proses degenerasi sel yang meliputi degenerasi berbutir, degenerasi lemak dan nekrosis (Rusmiati dan Lestari, 2004). Selain itu pengharum ruangan juga memancarkan senyawa organik volatil (*volatile organic compound* atau VOC), seperti pada bahan material cat untuk bangunan dan mebel (Hidayat et al., 2012). Bernapas pada ruangan dengan konsentrasi tinggi uap VOC yang

melebihi standar anjuran pemakaian dapat menyebabkan sakit kepala, gelisah, tremor (gemetar), mual - mual, turunnya tekanan darah, pingsan serta disfungsi kemampuan motorik spontan tubuh (Ashshiddiqi, Jati, dan Lelono 2013).

Tubuh manusia tersusun dari banyak sel salah satunya adalah sel darah. Sel darah memiliki fungsi sebagai sistem transportasi untuk membawa senyawa kimia, oksigen dan zat makanan yang diperlukan untuk disebar kedalam tubuh. Seluruh organ dan jaringan di dalam tubuh membutuhkan darah dengan jumlah yang sangat banyak sebagai fungsi transportasi. Oleh karenanya sistem peredaran darah menjadi sangat berpengaruh terhadap kesehatan manusia, maka bila terjadi kerusakan pada sel darah, tentunya akan sangat mempengaruhi aktivitas tubuh (Adamson, 2008).

Radikal bebas adalah molekul oksigen yang dalam interaksinya dengan molekul lain kehilangan sebuah elektron di lingkaran terluar orbitnya, sehingga jumlah elektronnya ganjil. Karena jumlah elektronnya ganjil, molekul ini menjadi tidak stabil dan selalu berusaha mencari pasangan elektron baru dengan cara mengambil elektron molekul lain yang berdekatan (Dhaliwal and Singh, 2015). Zat yang dapat menurunkan kandungan radikal bebas di dalam tubuh salah satunya adalah antioksidan. Antioksidan merupakan senyawa-senyawa kimia yang dapat memberikan satu atau lebih atom kepada radikal bebas agar tidak dapat berikatan dengan sel – sel lain yang berada di dalam tubuh (Ghozaly dan Safitri, 2005).

Antioksidan dalam pengertian kimia adalah senyawa pemberi elektron dan secara biologis antioksidan merupakan senyawa yang mengatasi dampak negatif dalam tubuh seperti kerusakan elemen vital sel tubuh (Adawiah et al., 2015). Antioksidan berfungsi sebagai sistem pertahanan terhadap radikal bebas (Adawiah et al., 2015) sehingga antioksidan dapat mencegah penyakit-penyakit yang dihubungkan dengan radikal bebas seperti karsinogenesis, kardiovaskuler, dan penuaan (Pramesti, n.d.). Antioksidan dapat dijumpai pada berbagai jenis tanaman yang memiliki kandungan senyawa vitamin C, vitamin E, serta senyawa flavanoid. Beberapa jenis tanaman yang memiliki potensi sebagai zat antioksidan karena kandungan flavanoid di dalamnya seperti pare, temulawak, brokoli dan pare (Redha, n.d.). Maka dari itu, penggunaan antioksidan dapat

menekan dampak negatif yang dihasilkan dari pengharum ruangan atau *airfreshener*.

Berdasarkan pemaparan diatas bahwa polusi udara yang dihasilkan oleh pengharum ruangan banyak mengandung polusi udara yang di dalamnya terdapat zat kimia bersifat radikal bebas. Bila polusi udara tersebut masuk kedalam ruangan tempat manusia beraktivitas lalu kemudian dihirup dan masuk kedalam tubuh, serta tubuh tidak mampu lagi untuk menetralisir radikal bebas yang dihasilkan, maka radikal bebas akan mudah merusak sel-sel sehat di dalam tubuh, salah satunya adalah sel darah. Maka dari itu penulis ingin melakukan penelitian tentang bagaimana pengaruh pemberian antioksidan (campuran ekstrak jambu biji, pare, brokoli dan bawang merah) terhadap sifat kelistrikan dan jumlah radikal bebas sel darah mencit (*Mus munculus*) yang terpapar pengharum ruangan semprot tipe-X.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan pemaparan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya dapat diambil sebuah rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana pengaruh pemberian antioksidan (campuran ekstrak jambu biji, pare, brokoli dan bawang merah) terhadap sifat kelistrikan dan jumlah radikal bebas sel darah mencit (*Mus munculus*) yang terpapar pengharum ruangan semprot tipe-X.

## **1.3. Batasan Masalah**

Penelitian ini hanya menggunakan hewan coba mencit (*Mus musculus*) jantan berumur 6-8 minggu dengan berat rata-rata 20-30 gram. Pengharum ruangan yang digunakan hanya pengharum ruangan semprot tipe-X. Percobaan ini dilakukan untuk mengamati sel darah saja tanpa melihat organ yang lainnya dan keadaan awal organ yang memiliki regenerasi yang berbeda. Kemudian antioksidan alami yang digunakan adalah campuran ekstrak jambu biji, brokoli, bawang merah dan pare. Percobaan ini hanya mengamati tiga sifat kelistrikan yaitu resistivitas, konduktivitas dan konstanta dielektrik pada sel darah mencit (*Mus musculus*).

## **1.4. Tujuan**

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah untuk menganalisis bagaimana pengaruh pemberian antioksidan (campuran ekstrak jambu biji, pare, brokoli dan bawang merah) terhadap sifat



kelistrikan dan jumlah radikal bebas sel darah mencit (*Mus munculus*) yang terpapar pengharum ruangan semprot tipe-X.

### **1.5. Manfaat**

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah sebagai kajian ilmiah untuk masyarakat awam dan produsen pengharum ruangan tentang pemanfaatan antioksidan (jambu biji, brokoli, bawang merah dan pare) terhadap bahayanya radikal bebas dalam tubuh yang berasal dari pengharum ruangan semprot tipe-X. Kemudian dapat membantu menyadarkan masyarakat untuk mengonsumsi antioksidan alami khususnya jambu biji, brokoli, bawang merah dan pare berlebih guna menjaga kesehatan tubuh akibat paparan pengharum ruangan langsung, dan menjadi sebuah kajian ilmiah untuk produsen pengharum ruangan agar dapat meminimalisir dampak pengharum ruangan terhadap tubuh.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Pengharum Ruangan

##### 2.1.1. Definisi dan Macamnya

Gel pengharum ruangan adalah pengharum ruangan yang berbentuk gel yang mengandung bahan pewangi. Saat ini dipasaran, produk pengharum ruangan berbentuk gel sangat bervariasi dalam hal aroma, bahan aktif dan kemasannya. Kemasan yang kecil dan penyimpanan yang mudah menjadikan pengharum gel lebih praktis dibandingkan dengan pengharum ruangan berbentuk cair yang penggunaannya harus dengan penyemprotan (Nazaroff and Weschler, 2004). Pengharum ruangan berbentuk gel memiliki kestabilan aroma yang relatif singkat, mudah terurai sehingga aman terhadap lingkungan, sedangkan bentuk semprot biasanya menggunakan bahan kimia seperti *isobutena*, *n-butana*, *propana* atau campurannya (Cohen et al, 2007).

Bentuk gel membuat pelepasan zat volatil pada parfum semakin lambat. Bahan pewangi yang digunakan pada pengharum ruangan dibagi menjadi dua jenis yaitu, pewangi sintetis dan pewangi alami. Pewangi sintetis memiliki wangi yang lebih tajam, sedangkan pewangi alami memiliki wangi yang lebih lembut sehingga lebih nyaman digunakan. Penggunaan pewangi sintetis yang terlalu tajam dapat menimbulkan rasa pusing dan kurang nyaman (Sinurat, 2009). Bentuk pengharum ruangan di pasaran ada beberapa jenis antara lain padat, cair, semprot dan gel. Bahan dasar pengharum ruangan yang menggunakan bahan minyak di buat dalam bentuk padat dan cair, sedangkan pengharum berbahan dasar air memiliki kestabilan aroma yang relatif singkat, namun mudah terurai sehingga aman terhadap lingkungan. Bentuk pengharum yang berbahan dasar air dibuat dalam bentuk gel, sedangkan bentuk semprot biasanya menggunakan *isobutena*, *n-butana*, *propana* atau campurannya (Cohen et al, 2007).

Tiga tipe pengharum ruangan berasal dari pertimbangan bahwa aroma penutup atau pelindung mempunyai bau yang lebih lembut, kadang kadang membuat inaktif atau bersifat membius syaraf olfaktorik, menurunkan sensitivitas terhadap bau tidak enak, dan bereaksi jika berpasangan dengan bau tidak enak yang spesifik

untuk melemahkan gabungan pengharum dan intensitas bau. Sebagian besar parfum yang digunakan dalam praktek adalah parfum kategori pertama (Mozes, 2014).

### 2.1.2. Dampak Negatif

Pengharum ruangan secara eksplisit melepaskan bahan-bahan kimia yang dikandung ke udara kemudian dihirup oleh konsumen, partikel pencemaran secara langsung dibebaskan dari suatu produk dan menyebabkan terjadinya peningkatan risiko terhadap kesehatan (Nazaroff, 2006). Pengharum ruangan adalah zat pewangi yang banyak digunakan karena mengisyaratkan kebersihan walaupun diketahui mengandung zat berbahaya (Hanke, 2007). Pemakaian produk pengharum ruangan tanpa aturan yang jelas cenderung memperburuk dampak kesehatan pada masyarakat sekitar. World Health Organization (WHO) pada tahun 2005 telah menilai kontribusi dari berbagai faktor risiko terhadap beban penyakit dan mengungkapkan polusi udara di dalam rumah sebagai faktor risiko kedelapan yang paling penting dan bertanggung jawab atas 2,7% dari beban penyakit global (WHO, 2011).

Menurut *National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH) 1997 yang dikutip oleh Depkes RI pada tahun 2005, penyebab timbulnya masalah kualitas udara dalam ruangan pada umumnya disebabkan oleh beberapa hal yaitu kurangnya ventilasi udara (52%), adanya sumber kontaminan di dalam ruangan (16%), kontaminan dari luar ruangan (10%), mikroba (5%), bahan material bangunan (4%), lain-lain (13%), sumber pencemaran udara dalam ruangan terbanyak berasal dari bahan kimia (SCHER, 2006). Kandungan bahan kimia yang terdapat pada pengharum ruangan seperti *phthalates*, *asetaldehida*, *toluena*, *stirena*, *chlorbenzene*, *paradichlorobenzene*, *formaldehida*, *benzyl acetate*, *benzyl alcohol*, *ethanol*, *limonene*, dan *linalool* yang masing - masing senyawa tersebut sangat beracun serta memiliki potensi untuk meracuni tubuh sebagai radikal bebas yang dapat menyebabkan kanker (Steinemann, 2017).

Produk pengharum ruangan beraroma memancarkan satu atau lebih karsinogen polutan udara berbahaya, karsinogen atau pemicu kanker yang dimaksud adalah zat *1,4-dioksan*, *asetaldehida*, *formaldehida*, dan *metilen klorida* (Steinemann, 2011) yang tidak memiliki tingkat pendedahan yang aman menurut Badan

Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat atau *Environmental Protection Agency*. Pendedahan zat yang bersifat toksik pada hati ditandai dengan proses degenerasi sel yang meliputi degenerasi berbutir, degenerasi lemak dan nekrosis (Rusmiati dan Lestari, 2004). Selain itu pengharum ruangan juga memancarkan senyawa organik volatil (*volatil organic compound* atau VOC), seperti pada bahan material cat untuk bangunan dan mebel (Hidayat et al., 2012). Bernapas pada ruangan dengan konsentrasi tinggi uap VOC yang melebihi standar anjuran pemakaian dapat menyebabkan sakit kepala, gelisah, tremor (gemetar), mual - mual, turunnya tekanan darah, pingsan serta disfungsi kemampuan motorik spontan tubuh (Ashshiddiqi, Jafi, dan Lelono 2013).



**Gambar 2.1** Pengharum ruangan.

## **2.2. Antioksidan**

### **2.2.1 Definisi**

Antioksidan dalam pengertian ilmu kimia adalah senyawa pemberi elektron (*electron donors*) dan secara biologis antioksidan adalah senyawa yang mampu mengatasi dampak negatif oksidan dalam tubuh seperti kerusakan elemen vital sel tubuh (Winarsi, 2007). Keseimbangan antara oksidan dan antioksidan sangat penting karena berkaitan dengan kerja fungsi sistem imunitas tubuh, terutama untuk menjaga integritas dan berfungsinya membran lipid, protein sel, dan asam nukleat, serta mengontrol transduksi signal dan ekspresi gen dalam sel imun (Winarsi, 2007). Produksi antioksidan di dalam tubuh manusia terjadi secara alami untuk mengimbangi produksi radikal bebas. Antioksidan tersebut kemudian berfungsi sebagai sistem pertahanan terhadap radikal bebas, namun peningkatan produksi radikal bebas yang terbentuk akibat faktor stres, radiasi UV, polusi udara dan lingkungan mengakibatkan sistem pertahanan tersebut kurang memadai, sehingga diperlukan tambahan antioksidan



dari luar (Muchtadi, 2013). Antioksidan di luar tubuh dapat diperoleh dalam bentuk sintesis dan alami. Antioksidan sintetis seperti *buthylated hydroxytoluene* (BHT), *buthylated hidroksianisol* (BHA) dan *ters-butylhydroquinone* (TBHQ) secara efektif dapat menjadi penghambat oksidasi. Namun, penggunaan antioksidan sintetis dibatasi oleh aturan pemerintah karena, jika penggunaannya melebihi batas justru dapat menyebabkan racun dalam tubuh dan bersifat karsinogenik, sehingga dibutuhkan antioksidan alami yang aman. Salah satu sumber potensial antioksidan alami adalah tanaman karena mengandung senyawa flavanoid, klorofil dan tanin (Liu et al., 2011).

### **2.2.2 Fungsi Antioksidan**

Antioksidan berfungsi sebagai senyawa yang dapat menghambat reaksi radikal bebas penyebab penyakit karsinogenik, kardiovaskuler dan penuaan dalam tubuh manusia. Antioksidan diperlukan karena tubuh manusia tidak memiliki sistem pertahanan antioksidan yang cukup, sehingga apabila terjadi paparan radikal berlebihan, maka tubuh membutuhkan antioksidan eksogen atau berasal dari luar (Muchtadi, 2013). Fungsi utama antioksidan adalah memperkecil terjadinya proses oksidasi dari lemak dan minyak, memperkecil terjadinya proses kerusakan yang terjadi dalam makanan, memperpanjang masa pemakaian dalam industri makanan, meningkatkan stabilitas lemak yang terkandung dalam makanan serta mencegah hilangnya kualitas sensori dan nutrisi (Abdullah and Apriandi, 2011).

### **2.2.3 Mekanisme Reaksi Antioksidan**

Antioksidan berdasarkan mekanisme reaksinya dibagi menjadi tiga macam, yaitu antioksidan primer, antioksidan sekunder dan antioksidan tersier :

- a. Antioksidan primer, antioksidan primer merupakan zat atau senyawa yang dapat menghentikan reaksi berantai pembentukan radikal bebas yang melepaskan hidrogen. Antioksidan primer dapat berasal dari alam atau sintetis. Contoh antioksidan primer adalah *Butylated hidroxytoluene* (BHT) (Winarsi, 2007). Reaksi antioksidan primer terjadi pemutusan rantai radikal bebas yang sangat reaktif, kemudian diubah menjadi senyawa stabil atau tidak reaktif. Antioksidan ini dapat berperan sebagai donor



hidrogen atau CB-D (*Chain Breaking Donor*) dan dapat berperan sebagai akseptor elektron atau *Chain Breaking Acceptor* (CBA) (Adawiah et al., 2015).

- b. Antioksidan sekunder, antioksidan sekunder disebut juga antioksidan *eksogeneus* atau non enzimatis. Antioksidan ini menghambat pembentukan senyawa oksigen reaktif dengan cara pengelatan metal, atau dirusak pembentukannya. Prinsip kerja sistem antioksidan non enzimatis yaitu dengan cara memotong reaksi oksidasi berantai dari radikal bebas atau dengan menangkap radikal tersebut, sehingga radikal bebas tidak akan bereaksi dengan komponen seluler (Winarsi, 2007). Antioksidan sekunder di antaranya adalah vitamin E, vitamin C, beta karoten, flavanoid, asam lipoat, asam urat, bilirubin, melatonin dan sebagainya (Muchtadi, 2013).
- c. Antioksidan tersier, kelompok antioksidan tersier meliputi sistem enzim *DNA-Repair* dan metionin sulfoksida reduktase. Enzim-enzim ini berperan dalam perbaikan biomolekuler yang rusak akibat reaktivitas radikal bebas. Kerusakan DNA yang terinduksi senyawa radikal bebas dicirikan oleh rusaknya *Single* dan *Double strand* baik gugus non-basa maupun basa (winarsi, 2007).

Mekanisme kerja antioksidan adalah untuk bekerja melindungi sel dan jaringan sasaran dengan cara (Siagian, 2002) :

- a. Memusnahkan (*scavenge*) radikal bebas secara enzimatik atau dengan reaksi kimia langsung.
- b. Mengurangi pembentukan radikal bebas.
- c. Mengikat ion logam yang terlibat dalam pembentukan spesies yang reaktif (transferrin, albumin).
- d. Memperbaiki kerusakan sasaran
- e. menghancurkan molekul yang rusak dan menggantinya dengan baru.

#### **2.2.4 Antioksidan Alami Dalam Tubuh**

Tubuh sendiri membuat tiga jenis antioksidan yakni, antioksidan primer *superoxidedismutase* (SOD), *glutathion peroxidase* (GPX), dan protein pengikat, *ferritin*, *ceruloplasmin*. Tugasnya mencegah pembentukan radikal bebas baru dan mengubah radikal bebas menjadi bahan yang tidak berbahaya lagi. Ada juga antioksidan jenis sekunder. Ini berasal dari vitamin C, vitamin E dan betakaroten. Jenis antioksidan ini bertugas menangkap radikal bebas dan mencegah reaksi berantai yang akan merusak tubuh. Sedangkan

antioksidan jenis yang lain adalah tersier (*DNA-repair enzym, methionin sulfoxidoreductase*) bertugas memperbaiki kerusakan tubuh yang timbul akibat radikal bebas (Nadesul, 2006).



**Gambar 2.2** Antioksidan jambu, pare, bawang merah dan brokoli.

## 2.3. Radikal Bebas

### 2.3.1 Definisi

Radikal bebas merupakan suatu molekul yang memiliki elektron tidak berpasangan dalam orbital terluarnya sehingga sangat reaktif. Radikal ini cenderung mengadakan reaksi berantai yang apabila terjadi di dalam tubuh akan dapat menimbulkan kerusakan-kerusakan yang berlanjut dan terus menerus (Lushchak, 2014). Secara lengkap, radikal bebas dapat diartikan sebagai salah satu produk reaksi kimia dalam tubuh yang sangat reaktif dan mengandung elektron tak berpasangan (*unpaired electron*) di orbital luarnya sehingga sebagian besar bersifat tidak stabil (Hani and Milanda, 2007). Reaksi radikal bebas adalah suatu reaksi yang bertahap. Secara keseluruhan reaksi tersebut dibagi dalam tiga tahapan. Tahap pertama adalah tahap inisiasi. Pada tahap ini terjadi pembentukan radikal bebas melalui reaksi oksidasi/reduksi dan *homolitic fission*. Setelah itu, reaksi berlanjut ke tahap propagasi (reaksi rantai) melalui abstraksi satu atom hidrogen. Selanjutnya akan terjadi terminasi yang menghasilkan radikal bebas yang kurang reaktif (stabil) sehingga reaksi terhenti (terminasi). Jika radikal bebas bebas bereaksi dengan molekul yang bukan radikal, maka radikal akan memberikan elektron tak berpasangan yang dimilikinya atau justru mengambil elektron dari molekul dari molekul non radikal, sehingga dapat berakibat terjadinya reaksi rantai yang panjang dan menyebabkan efek biologis yang jauh dari tempat asal pembentukan radikal bebas tersebut (Sarma et al., 2010).

### 2.3.2 Sumber Radikal Bebas

Radikal bebas merupakan suatu atom atau gugus atom yang memiliki satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan, bersifat sangat reaktif dan mempunyai energi yang tinggi. Simbol dari suatu radikal bebas adalah sebuah titik yang menggambarkan elektron yang tidak berpasangan. Sumber radikal bebas dapat dibagi menjadi 3, yaitu (Kumar, 2011) :

1. Sumber internal, berasal dari reaksi enzimatik yang menghasilkan suatu radikal bebas seperti pada reaksi pernafasan, fagositosis, sintesis prostaglandin, serta dalam sistem sitokrom P450.
2. Sumber eksternal, meliputi asap rokok, polutan lingkungan, radiasi, sinar UV, ozon, obat-obatan, anestesi, pestisida, dan pelarut industri.
3. Faktor fisiologis, meliputi status mental seperti stres, emosi dan kondisi penyakit yang dapat memicu terbentuknya radikal bebas.

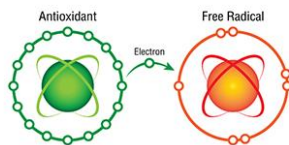
Radikal bebas mempunyai peran positif bagi tubuh manusia. Namun, ketika kadarnya di dalam tubuh melebihi batas normal maka radikal bebas menjadi suatu senyawa yang berbahaya bagi manusia. Akumulasi radikal bebas yang terjadi akan menyebabkan terjadinya stres oksidatif sehingga memicu berbagai macam penyakit kronis dan degeneratif. Penyakit yang dapat ditimbulkan dari adanya stres oksidatif diantaranya adalah kanker, gangguan *autoimun*, penuaan dini, katarak, rheumatoid arthritis, jantung dan penyakit *neurodegeneratif* (Pham-Huy et al, 2008). Mekanisme terjadinya kanker sebagian besar disebabkan oleh adanya mutasi pada gen p53 atau gen yang berperan dalam proses apoptosis (Thomas, 2009). Oleh karena itu, keseimbangan antara dua efek antagonis dari radikal bebas menjadi aspek penting bagi kehidupan manusia (Pham-Huy et al, 2008).

### 2.3.3 Dampak Negatif

Efek radikal bebas baik yang eksogen maupun yang endogen merupakan etiologi berbagai macam penyakit degeneratif, reaksi antara radikal bebas dan molekul berujung dengan timbulnya suatu penyakit (Reynertson, 2007), antara lain:



- a. Aterosklerosis adalah suatu kondisi kronik pada arteri-arteri berukuran besar dan medium yang ditandai dengan pengerasan, hilangnya elastisitas dinding arteri, serta penyempitan lumennya. Terjadi karena ada reaksi radikal bebas, antara lain terjadi pada peroksidasi lipid (oksidasi asam-asam lemak tak jenuh rantai panjang dalam membran sel dan lipoprotein) yang berdampak berkembangnya aterosklerosis (Putri, 2015).
- b. Kanker, hidroksialkena adalah senyawa hasil dari peroksidasi lipid yang mampu berikatan dengan asam nukleat melalui ikatan kovalen sehingga menyebabkan lima perubahan DNA. Agen perusak DNA dan senyawa pendukungnya berperan penting dalam terbentuknya sel kanker. Proses pembentukan sel kanker ini melalui mekanisme senyawa pendukung yang bekerja dengan menghasilkan radikal oksigen, yang merupakan hasil akhir dari peroksidasi lipid (Winarsi, 2005).
- c. Proses penuaan, umumnya semua sel jaringan organ dapat menangkal serangan radikal bebas karena didalamnya terdapat sejenis enzim khusus yang mampu melawan. Namun manusia secara alami mengalami degradasi seiring dengan peningkatan usia akibat radikal bebas itu sendiri, belum lagi adanya rangsangan untuk membentuk radikal bebas yang berasal dari lingkungan sekitar, karena itu secara perlahan tapi pasti, terjadi kerusakan jaringan oleh radikal bebas yang tidak terpulihkan. Kerusakan jaringan secara pelan ini merupakan proses terjadinya penuaan, seperti kehilangan elastisitas jaringan kolagen dan otot sehingga kulit tampak keriput, serta bintik-bintik pigmen kecoklatan di kulit yang merupakan timbunan sisa pembakaran dalam sel (Wahyono, 2013).



**Gambar 2.3** Mekanisme radikal bebas.

## 2.4. Mencit (*Mus musculus*)

### 2.5.1 Klasifikasi Mencit

Mencit (*Mus musculus*) termasuk mamalia pengerat yang cepat berkembang biak, mudah dipelihara dalam jumlah banyak, variasi genetiknya cukup besar serta sifat anatomi dan fisiologi dengan karakteristik yang baik. Mencit yang sering digunakan dalam penelitian di laboratorium merupakan hasil perkawinan tikus putih “inbreed” maupun “outbreed”. Hasil perkawinan sampai generasi 20 akan dihasilkan strain murni dari mencit (Akbar, 2010). Adapun klasifikasi dari mencit adalah sebagai berikut :

Kingdom : Animalia  
 Filum : Chordata  
 Subfilum : Vertebrata  
 Kelas : Mammalia  
 Ordo : Rodentia  
 Famili : Muridae  
 Genus : Mus  
 Spesies : *Mus musculus*

Mencit (*Mus musculus*) memiliki ciri-ciri berupa bentuk tubuh kecil dan memiliki bulu berwarna putih. 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%. Mencit sering digunakan dalam penelitian dengan pertimbangan hewan tersebut memiliki beberapa keuntungan yaitu daur estrusnya teratur dan dapat dideteksi, periode kebuntingannya relatif singkat, dan mempunyai anak yang banyak serta terdapat keselarasan pertumbuhan dengan kondisi manusia (Akbar, 2010).

### 2.5.2 Parameter Kesehatan Mencit

**Tabel 2.1** Parameter Kesehatan Mencit.

Parameter	Persyaratan
Lama bunting	19 – 21 hari
Jumlah anak	6 – 15 ekor



Berat lahir	0,5 gram – 1,0 gram
Kecepatan tumbuh	1 gram/hari
Umur disapih (saat dipisahkan dari induk)	21 hari
Berat sapih (saat dipisahkan dari induk)	18 gram – 20 gram
Umur dewasa	35 hari
Berat dewasa :	
Jantan	20 – 40 gram
Betina	18 – 35 gram
Siklus estrus	4 – 5 hari
Umur dikawinkan	8 minggu
Aktivitas	Malam hari (nokturnal)

### 2.5.3 Kebutuhan Nutrisi Mencit

Konsumsi pakan mencit berumur delapan minggu 5 g/ekor. Seekor mencit dewasa dapat mengkonsumsi pakan 15 g/100 g bobot badan/hari, sedangkan mencit membutuhkan makanan berkadar protein lebih dari 14%. Jika mencit dalam keadaan bunting atau laktasi, maka selera makannya meningkat. Air minum untuk dikonsumsi harus selalu tersedia dan bersih. Air minum yang diperlukan untuk seekor mencit tiap hari berkisar antara 4-8 mL. Seekor mencit mudah sekali kehilangan air sebab evaporasi tubuhnya yang tinggi. Konsumsi air minum yang cukup akan digunakan untuk menjaga stabilitas suhu tubuh.F

### 2.5.4 Tingkah Laku Mencit

Mencit merupakan hewan sosial dan memiliki rasa ingin tahu. Ketika mencit masih muda, mencit dapat berkelompok dengan sangat baik. Mencit selalu terlihat tidur bersama - sama dalam kelompok. Ketika mereka dikandangan dalam suatu kelompok, satu

atau dua mencit terkadang akan memotong bulu dan menggaruk-garuk wajah, kepala, dan bagian tubuh mencit lainnya. Mencit akan menjaga wilayah teritorialnya, tidak agresif terhadap manusia (Hrapkiewicz, 2007). Mencit jantan dewasa pada beberapa *strain* akan saling menyerang apabila dikandangkan bersama, khususnya apabila pada kondisi yang sangat bising dan beberapa *strain* mencit lebih mudah mendapat penyerangan. Mencit dapat memberikan beberapa luka gigitan pada alat genitalia dan ekor serta sepanjang bagian punggung dari lawannya. Beberapa serangan luka dapat mengakibatkan kegilaan dan kematian (Hrapkiewicz and Medina, 2007).

### 2.5.5 Adaptasi Mencit

Ketika seekor mencit diletakkan dalam sebuah kandang, maka mencit tersebut akan melakukan beberapa aktivitas untuk beradaptasi dengan lingkungan kandang (Schellinck, 2018). Beberapa aktivitas tersebut, antara lain :

- a. Lokomosi (*moving*), lokomosi berupa aktivitas berjalan di bawah memanjat menuju tutup kandang untuk berpindah dari satu lokasi menuju lokasi lainnya.
- b. *Grooming*, (*grooming*) merupakan aktivitas mencit menjilati bagian tubuh mulai dari cakar pada kaki depan, kepala, badan, kaki, alat kelamin, dan ekor.
- c. Istirahat (*resting*), aktivitas istirahat mencit meliputi meringkuk (kepala terselip di bawah tubuhnya), terentang (belum terselip kepalanya di bawah tubuh tapi bertumpu), tidur, atau tiduran tanpa melakukan aktivitas lainnya.
- d. Makan (*feeding*) aktivitas makan dari mencit mulai dari mengambil makanan, memasukkan makanan ke dalam mulut, mengunyah, hingga menelan makanan.
- e. Sosial (*social*), aktivitas sosial mencit berkaitan dengan kehidupan kelompok, seperti *allogrooming*, berkelahi (*aggressive/agonistic*), *genital inspection*, seksual, inisial kontak, dan bermain.
- f. Mencari makanan (*foraging*), mencit mencari makanan dengan cara mengendus substrat, membolak-balik serasah, dan sebagainya.
- g. Eksplorasi (*exploration*), aktivitas eksplorasi mencit berupa berdiri untuk mengamati lingkungannya.

- h. Minum (*drinking*), aktivitas minum dari mencit dimulai dengan menempelkan mulutnya pada sumber air hingga menelan air.
- i. Membangun sarang (*nest-building*), mencit akan membangun sarang pada lingkungan baru dengan cara mendorong dan menepuk serasah dengan kaki depannya, *gathering*, dan *molding* (membentuk sarang dengan gerakan memutar).



**Gambar 2.4** *Mus musculus* sebagai objek percobaan.

## 2.5. Sel Darah

### 2.5.1 Definisi

Darah merupakan komponen penting dalam penilaian kondisi fisiologis tubuh. Darah terdiri dari plasma dan sel darah. Sel darah meliputi eritrosit, leukosit dan trombosit. Komponen darah tersebut dapat diamati setelah dilakukan sentrifugasi sehingga membentuk beberapa lapisan. Plasma darah merupakan cairan penyusun darah yang mengandung sejumlah protein yang berperan sangat penting untuk menghasilkan osmotik plasma (Darmawan, 2015).

Terdeteksinya hingga tingkat keparahan dari suatu penyakit dapat diketahui dari pemeriksaan darah, profil darah merupakan gambaran kondisi fisiologis tubuh yang berkaitan dengan kesehatan, sehingga kondisi profil darah yang baik akan mendukung proses fisiologis tubuh yang lebih baik. Kondisi profil darah yang baik dapat ditandai dengan komponen darah yang berada dalam kisaran normal (Alamanda, 2007). Terdapat dua komponen dalam profil darah yaitu profil hematologi dan profil kimia darah. Hematologi lengkap (*Complete Blood Count*) merupakan dasar untuk pengujian praklinis dan klinis serta menjadi persyaratan dasar dalam penilaian pra klinis obat-obatan dan toksisitas. Darah merupakan sel yang berbentuk cair yang terdiri atas dua bagian yaitu plasma darah dan

sel darah. Sel darah terdiri dari tiga jenis yaitu eritrosit, leukosit dan trombosit. Perbandingan volume darah dengan berat badan adalah 1:12, atau sekitar 5 liter. Darah terdiri dari beberapa jenis korpuskula yang membentuk 45% bagian dari darah. Bagian 55% yang lain berupa cairan kekuningan yang membentuk medium cairan darah yang disebut plasma darah (Anugrah, 2019).

### **2.6.2 Plasma**

Plasma darah merupakan cairan didalam darah yang mengandung ion (natrium, kalium, magnesium, klorida, dan bikarbonat), protein plasma (albumin dan fibrinogen). Fungsi dari Ion dan protein plasma adalah keseimbangan osmotik (Agabiti-Rosei et al., 2007).

### **2.6.3 Eritrosit**

Eritrosit atau sel darah merah merupakan salah satu komponen sel yang terdapat dalam darah, fungsi utamanya adalah sebagai pengangkut hemoglobin yang akan membawa oksigen dari paru-paru ke jaringan (Hasanan, 2018). Eritrosit merupakan suatu sel yang kompleks, membrannya terdiri dari lipid dan protein, sedangkan bagian dalam sel merupakan mekanisme yang mempertahankan sel selama 120 hari masa hidupnya serta menjaga fungsi hemoglobin selama masa hidup sel tersebut (Agabiti-Rosei et al., 2007). Eritrosit berbentuk bikonkaf dengan diameter sekitar 7,5  $\mu\text{m}$ , dan tebal 2  $\mu\text{m}$  namun dapat berubah bentuk sesuai diameter kapiler yang akan dilaluinya, selain itu setiap eritrosit mengandung kurang lebih 29 pg hemoglobin, maka pada pria dewasa dengan jumlah eritrosit normal sekitar 5,4jt/ $\mu\text{l}$  didapati kadar hemoglobin sekitar 15,6 mg/dl (Setiawan et al., 2016).

### **2.6.4 Trombosit**

Trombosit adalah sel darah tak berinti yang berasal dari sitoplasma megakariosit. Kadar normal trombosit dalam tubuh manusia sekitar 150 – 450 x 10<sup>3</sup>/ $\mu\text{l}$ . Dalam keadaan inaktif trombosit memiliki bentuk seperti cakram bikonveks dengan diameter 2 – 4  $\mu\text{m}$ . Trombosit dapat bertahan didalam tubuh selama 7-10 hari. Peran trombosit didalam tubuh adalah sebagai pembentukan sumbatan selama respon hemostatik normal terhadap luka (Hasanah, 2018).

### **2.6.5 Leukosit**



Leukosit atau sel darah putih adalah sel darah yang memiliki nukleus. Dalam darah manusia normal, ditemukan jumlah leukosit berkisar antara 4500-10.000 sel/mm<sup>3</sup>. Secara umum leukosit berperan dalam pertahanan seluler dan humoral manusia, leukosit dapat meninggalkan pembuluh darah dengan proses diapedesis, menerobos diantara sel-sel endotel dan menembus ke jaringan ikat (Santoso et al., 2018). Berdasarkan ada atau tidaknya granula, leukosit dibagi menjadi 2 jenis, yaitu granulosit dan agranulosit. Saat leukosit yang memiliki granula spesifik (granulosit) dalam keadaan hidup dilihat di bawah mikroskop cahaya maka akan terlihat bentuk nukleus yang bervariasi dan granula yang terlihat berupa tetesan setengah cair dalam sitoplasmanya. Leukosit yang tidak memiliki granula (agranulosit) memiliki sitoplasma homogen dengan inti berbentuk bulat atau berbentuk ginjal. Terdapat 3 jenis leukosit granulosit, yaitu neutrofil, basofil dan eosinofil serta 2 jenis leukosit agranuler, monosit dan limfosit (Sutedjo, 2006).

### **2.6.6 Kelistrikan Sel Darah**

Tubuh manusia mengandung sistem kelistrikan. Mulai dari mekanisme otak, jantung, ginjal, paru-paru, sistem pencernaan, sistem hormonal, otot-otot dan berbagai jaringan lainnya. Semuanya bekerja berdasar sistem kelistrikan. Setiap sel ditubuh memiliki tegangan antara -23 mvolt pada saat rileks sampai 43 mvolt pada saat beraktivitas. Tubuh disebut sebagai sistem elektromagnetik. Oleh karena itu dapat dilakukan pengukuran tegangan listrik di bagian tubuh manapun yang kita mau. Bahkan setiap sel di tubuh kita memiliki tegangan antara 90 mvolt pada saat rileks sampai 40 mvolt pada saat beraktivitas. Otak memiliki medan kemagnetan, sebagaimana jantung ataupun bagian-bagian lain pada tubuh (Ainun and Suyati, 2018).

Apabila terdapat sel biologis khususnya sel darah merah yang mempunyai gaya interaksi yang lebih lemah daripada sel darah merah yang lebih dekat ke sumber medan listrik (elektroda), maka kemungkinan sel darah merah tersebut akan berotasi sampai sejajar medan listrik (Aji, 2016). Rotasi sel darah merah ini disebabkan oleh dipol listrik. Pada sel darah merah manusia, karena sel darah merah juga memiliki sejumlah muatan maka secara teori akan terjadi momen dipol sehingga sel darah merah mempunyai kecepatan



anguler sebagai kecepatan putaran sel. Momen dipol listrik pada sel darah merah yang tidak searah atau tidak sejajar dengan arah medan listrik akan diputar sehingga arahnya sama atau sejajar dengan arah medan listrik. Akibatnya sel darah merah bergerak secara berotasi. Berdasarkan pembahasan di atas dapat dikatakan bahwa arah momen dipol listrik yang tidak searah atau tidak sejajar dengan arah medan listrik akan menyebabkan sel berotasi. Peristiwa ini dideteksi melalui suatu teknik elektrorotasi (Wiyanto, 2008).

Elektrorotasi merupakan suatu teknik pendeteksian terhadap partikel-partikel kecil yang berotasi di dalam medan listrik. Dalam elektrorotasi akan terdeteksi kecepatan anguler dan arah dari partikel-partikel yang berotasi (Suryani et al., 2016), bahkan dengan elektrorotasi dapat digunakan untuk menentukan sifat-sifat dielektrik dari bio partikel seperti sel, yang sering digunakan untuk penelitian terhadap kelakuan rotasi dari suatu populasi sel-sel yang didistribusikan menyilang dalam ruang elektroda, dimana medan listrik ditimbulkan dengan menggunakan 4 (empat) elektroda ataupun 2 elektroda.



**Gambar 2.5** Sel darah.

## **2.6. Sifat Kelistrikan Tubuh**

### **2.6.1 Pengertian Biolistrik**

Biolistrik adalah energi yang dimiliki setiap manusia yang bersumber dari ATP (*Adenosine Tri Posphate*) dimana ATP ini di hasilkan oleh salah satu energi yang bernama mitokondria melalui proses respirasi sel. Biolistrik juga merupakan fenomena sel. Sel-sel jaringan tubuh manusia mampu menghasilkan potensial listrik yang merupakan lapisan tipis muatan positif pada permukaan luar dan lapisan tipis muatan negatif pada permukaan dalam bidang batas/membran (Beall et al., 2017). Di dalam sebuah sel terdapat ion  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  dan protein. Pada saat membran sel istirahat (tidak ada

sinyal listrik) muatan di dalam sel lebih negatif daripada di luar sel. Jika terdapat rangsangan maka ion  $\text{Na}^+$  akan masuk dari luar menuju dalam sel dan membran sel berada dalam keadaan depolarisasi. Terjadinya depolarisasi sel membran secara tiba-tiba disebut potensial aksi. Kemampuan sel syaraf (neuron) menghantarkan isyarat biolistrik sangat penting. Transmisi Sinyal Biolistrik (TSB) mempunyai sebuah alat yang dinamakan dendrit yang berfungsi mentransmisikan isyarat dari sensor ke neuron. Stimulus untuk memacu neuron dapat berupa tekanan, perubahan temperatur, dan isyarat listrik dari neuron lain. Aktivitas biolistrik pada suatu otot dapat menyebar ke seluruh tubuh seperti gelombang pada permukaan air. Pengamatan pulsa listrik tersebut dapat dilakukan dengan memasang beberapa elektroda pada permukaan kulit. Biolistrik juga terjadi di dalam organ jantung (Aji, 2016).

### **2.6.2 Karakteristik Kelistrikan Sel**

Biolistrik merupakan karakteristik kelistrikan dari sel pada makhluk hidup. Karakteristik biolistrik yang dapat diamati antara lain: impedansi, kapasitansi, induktansi, konstanta dielektrik dan konduktivitas listrik. Karakteristik biolistrik dapat diukur dengan metode dielektrik. Pengukuran dielektrik yaitu metode yang dilakukan dengan menggunakan dua plat kapasitor. Diantara plat kapasitor tersebut disisipkan bahan dielektrik yang akan diuji karakteristik biolistriknnya. Setiap bahan memiliki sifat listrik yang khas dan besarnya sangat ditentukan oleh kondisi internal bahan tersebut, seperti momen dipol listrik, komposisi bahan kimia, kandungan air, keasamaan dan sifat internal lainnya (Fish and Geddes, 2009). Bahan yang memiliki sifat kelistrikan dan mampu menyimpan energi listrik disebut dengan bahan dielektrik. Pemanfaatan bahan dielektrik semakin banyak diterapkan di bidang industri maupun pertanian. Aplikasinya didasarkan pada kemampuan bahan untuk menyerap radiasi gelombang elektromagnetik dan mengubahnya menjadi panas (Frenske & Mirsa, 2000).

Menurut Nuwair (2009), sel darah memiliki sifat kelistrikan yang dapat diamati dengan melakukan pengukuran karakteristik biolistrik yang meliputi nilai kapasitansi, impedansi, konduktivitas dan konstanta dielektrik. Adanya karakteristik biolistrik pada sel darah memungkinkan digunakan sebagai alternatif bahan dielektrik. Pengukuran karakteristik biolistrik pada membran tersebut dilakukan

dengan metode dielektrik pada frekuensi rendah. Setiap bahan memiliki karakteristik kelistrikan khusus yang besarnya dipengaruhi oleh ciri internal bahan, misalnya momen dipol, kandungan kimia, kadar air dalam bahan serta ciri-ciri internal lainnya. Karakteristik kelistrikan yang sering digunakan untuk menentukan karakter fisis lain dari bahan adalah nilai impedansi. Melalui nilai impedansi listrik ini, dapat ditentukan nilai hambatan jenis bahan, sifat dielektrik, sifat magnetik dan beberapa sifat fisis lainnya (Juansah et al., 2012). Karakteristik listrik bahan dapat dianalisis dengan pendekatan rangkaian elektronik antara resistor dan kapasitor secara paralel metode sederhana untuk mengetahui nilai impedansi listrik adalah menggunakan metode injeksi arus pada plat sejajar.

### 2.6.3 Persamaan Fisika Dalam Kelistrikan Tubuh

Persamaan untuk menghitung nilai impedansi merupakan penurunan dari hukum ohm yang mendefinisikan resistansi  $R$  dalam bentuk rasio antara tegangan  $V$  dan arus  $I$ . Pada praktisnya, elemen rangkaian menampilkan banyak perilaku kompleks. Namun pada kasus yang sering dijumpai suatu rangkaian memiliki perilaku yang lebih kompleks membuat konsep sederhana resistansi harus ditinggalkan. Sehingga, impedansi digunakan untuk menggambarkan secara umum parameter tahanan pada rangkaian (Frenske & Mirsa, 2000).

$$Z = \frac{V}{I} \quad (2.1)$$

Resistansi zat cair sering menjadi faktor yang signifikan pada impedansi dari sel elektrokimia. Resistansi dari suatu zat cair ionik bergantung pada konsentrasi ion, jenis ion, suhu dan geometri luasan injeksi arus (Frenske & Mirsa, 2000). Resistansi zat cair dengan resistivitas ( $\rho$ ) (Ohm.m) pada suatu area yang dibatasi luasan ( $A$ ) m<sup>2</sup> dengan jarak ( $L$ ) m kemudian, maka resistansi tersebut dapat didefinisikan seperti pada persamaan. Sementara resistivitas zat cair berbanding terbalik dengan konduktivitas suatu zat cair ( $\sigma$ ) Ohm<sup>-1</sup>.m

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.2)$$





**Gambar 2.6** Kelistrikan tubuh.

## **2.7. *Electron Spin Resonance* (ESR)**

### **2.7.1 Pengertian ESR**

*Electron Spin Resonance* (ESR) adalah cabang spektroskopi penyerapan dimana radiasi yang memiliki frekuensi di daerah gelombang mikro diserap oleh zat paramagnetik untuk mendorong transisi antara tingkat energi magnetik elektron dengan spin berpasangan (Aripin, 2007). Pemisahan energi magnetik dilakukan dengan menggunakan medan magnet statis yang merupakan partikel bermuatan yang berputar di sekitar sumbu dan ini menyebabkan bertindak seperti sebuah magnet batang kecil. Bahasa teknis dapat dikatakan bahwa ia memiliki momen magnetik yang disebut dengan magneton bohr. Jika medan magnet luar terhubung dengan sistem elektron akan menjadi sejajar sendiri dengan arah bidang dan proses disekitar sumbu ini. Perilaku ini analog dengan berputar dalam medan gravitasi bumi. Meningkatnya medan magnet akan mendorong elektron berproses lebih cepat dan memperoleh lebih banyak energi. Resonansi spin elektron mengacu pada prinsip fisika yaitu resonansi dari suatu elektron terhadap medan magnet merupakan fenomena yang dijumpai pada proses momen magnet dan momentum sudut (Gerson, 2003).

### **2.7.2 Prinsip kerja ESR**

*Electron Spin Resonance* (ESR) merupakan alat yang digunakan untuk penelitian pada bidang biologi, kimia dan kesehatan. Penerapan ESR sudah banyak dilakukan pada berbagai bidang dan dapat mendeteksi elektron tanpa pasangan sampai dengan konsentrasi  $10^{-9}$  M. Disamping itu ESR dapat dikategorikan sebagai analisa tidak merusak dan alat ini dapat digunakan untuk dosimetri (Gerson, 2003). Resonansi spin elektron mengacu pada prinsip fisika yaitu resonansi dari suatu elektron terhadap medan magnet. ESR

merupakan fenomena yang dijumpai pada proses momen magnet dan momentum sudut. Guna memahami fenomena ESR, kita perlu mengenal terlebih dahulu mengenai momen magnet dan presisi spin. Jika elektron diberi medan magnet luar  $B$ , maka elektron akan mengitari inti atom yang bermuatan positif. Elektron bergerak, maka elektron tersebut akan membentuk dipol listrik berupa batangan magnet (Aripin, 2007). Atom-atom yang berputar ini dapat berinteraksi dengan medan luar dan menghasilkan sinyal-sinyal yang dapat diukur. Jika batangan magnet dipol listrik dilalui arus listrik  $I$ , maka akan menimbulkan momen magnet :

$$\mu = IA \quad (2.3)$$

keterangan :

$I$  = arus listrik (ampere)

$A$  = luas permukaan batang magnet dipol ( $m^2$ )

$\mu$  = momen magnet (ampere.  $m^2$ )



**Gambar 2.7** *Electron spin resonance.*



## BAB III

### METODOLOGI

#### 3.1. Waktu Dan Tempat pelaksanaan penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2018 sampai Januari 2019 yang berlokasi di Laboratorium Farmakologi Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Malang, Laboratorium Ilmu Faal Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya, laboratorium Biofisika dan Laboratorium Fisika Lanjut Universitas Brawijaya.

#### 3.2. Alat dan bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *chamber* berukuran 40 cm x 20 cm x 20 cm, multimeter, timbangan digital, alat bedah, unit *Electron Spin Resonance* (ESR), dan alat-alat preparasi. Adapun bahan penelitian yang digunakan antara lain larutan PBS (*Phospat Buffered Saline*), sekam kayu, kalibrator DPPH, ekstrak jambu biji, pare, brokoli, dan bawang merah, mencit berumur 2-3 bulan dengan berat badan 20-30 gram sebanyak 55 ekor, *airfreshener* tipe-X non parfum dan aquades.

#### 3.3. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini terbagi atas 3 kelompok perlakuan, yaitu kelompok perlakuan satu (K1) adalah mencit yang tidak diberikan paparan *airfreshener* dan tidak diberikan antioksidan, kelompok perlakuan dua (K2) adalah mencit diberikan paparan *airfreshener* dan tidak diberikan antioksidan, kelompok perlakuan tiga (K3) adalah mencit yang dipapari *airfreshener* dan diberi lima macam variasi dosis antioksidan, tahapan penelitian dapat disimpulkan pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Tahapan perlakuan terhadap mencit.

Kelompok	Perlakuan	
	<i>Airfreshener</i>	Pemberian Antioksidan
Kelompok kontrol 1 (K1)	-	-

<b>Kelompok kontrol 2 (K2)</b>	✓	-
<b>Kelompok kontrol 3 (K3)</b>	✓	✓

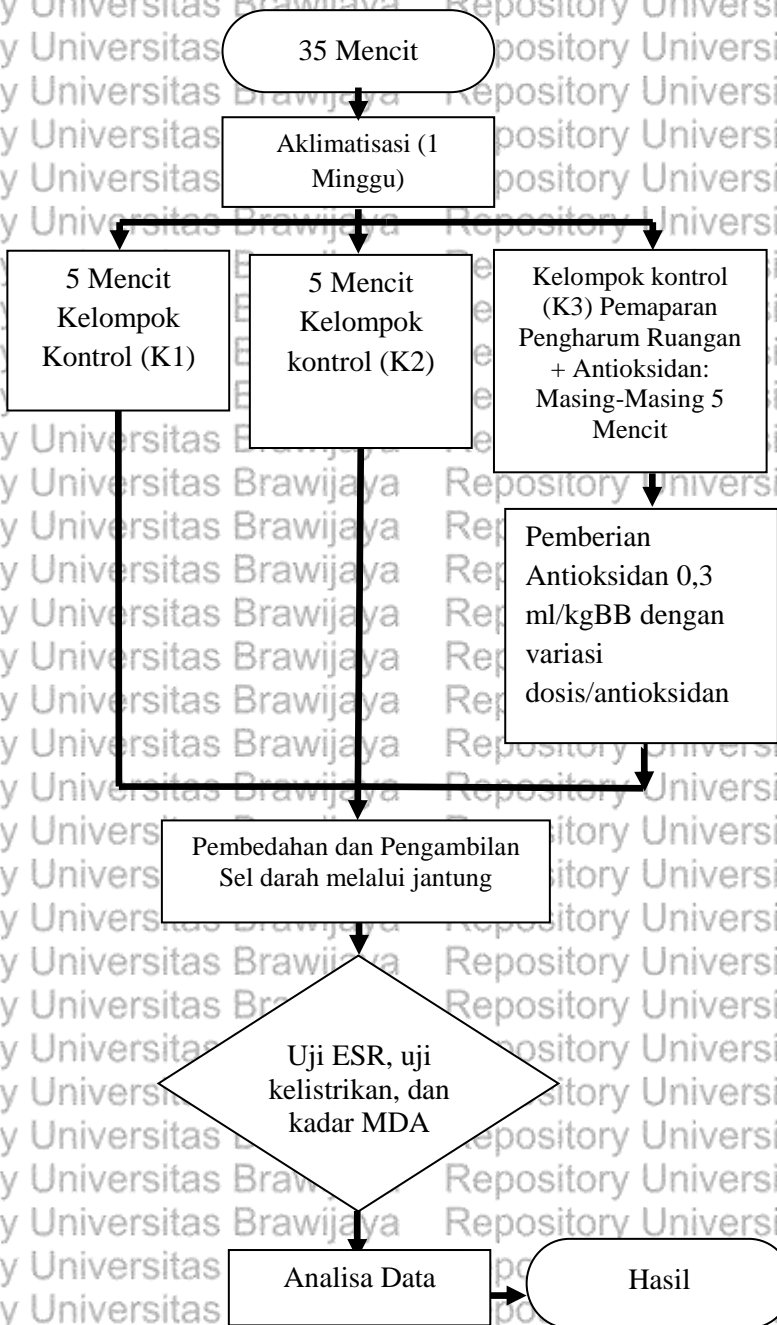
Tahapan penelitian ini menggunakan 35 ekor mencit jantan yang dibagi menjadi 7 kelompok perlakuan, dengan 1 kelompok perlakuan berjumlah 5 ekor mencit. Kelompok perlakuan (K2) & (K3) dengan besar dosis paparan *airfreshener* yang diberikan yaitu sebanyak 9x semprot dan pemberian antioksidan pada kelompok (K3) perlakuan diberikan dalam lima variasi dosis yang kemudian dijelaskan pada Tabel 3. 2.

**Tabel 3.2** Variasi dosis antioksidan terhadap mencit.

<b>Kelompok 1 (K1)</b>	Tanpa paparan <i>airfreshener</i> dan pemberian antioksidan
<b>Kelompok 2 (K2)</b>	Diberikan paparan <i>airfreshener</i> serta didiamkan selama 20 menit tanpa pemberian antioksidan
<b>Kelompok 3 (K3)</b>	1. Diberikan paparan <i>airfreshener</i> tipe-X non parfum serta pemberian antioksidan (dosis beragam) sebanyak 51 ml/kgbb
	2. Diberikan paparan <i>airfreshener</i> tipe-X non parfum serta pemberian antioksidan (dosis beragam) sebanyak 69,5 ml/kgbb
	3. Diberikan paparan <i>airfreshener</i> tipe-X non parfum serta pemberian antioksidan (dosis beragam) sebanyak 88 ml/kgbb
	4. Diberikan paparan <i>airfreshener</i> tipe-X non parfum serta pemberian antioksidan (dosis beragam) sebanyak 106,5 ml/kgbb

5. Diberikan paparan *airfreshener* tipe-X non parfum serta pemberian antioksidan (dosis beragam) sebanyak 125 ml/kgbb

Prosedur awal adalah diharuskan untuk mengadaptasikan mencit terlebih dahulu selama 7 hari di dalam *chamber*, agar mencit tidak mudah mati. Ketika mencit telah mampu beradaptasi, maka diberikan paparan *airfreshener* dan antioksidan selama 21 hari. Perlakuan penyemprotan *airfreshener* pada mencit dilakukan secara langsung selama 20 menit untuk setiap kelompok perlakuan. Setelah perlakuan selesai, pada hari ke-22, mencit dibedah dengan cara mencit dibentangkan dengan posisi mencit terlentang menghadap ke atas dengan masing – masing kakinya ditancapkan diatas alas yang terbuat oleh lapisan lilin dengan jarum pentul untuk diambil bagian sel darahnya dari jantung. Setelah itu dilakukan pengamatan sifat kelistrikan Sel darah mencit menggunakan kapasitansi meter, uji kadar MDA, dan identifikasi radikal bebas menggunakan *Electron Spin Resonance* (ESR). Bentuk diagram alir dari metode penelitian ini pada Gambar 3.1



**Gambar 3. 1** Diagram alir penelitian.

### **3.4. Tata laksana percobaan**

#### **3.4.1 Pengadaptasian Hewan Uji Coba**

Hewan uji coba yaitu mencit diadaptasikan terlebih dahulu dengan lingkungan *chamber* agar mencit tidak mudah mati saat dilakukan uji coba. Mencit yang digunakan sebanyak 35 ekor. Mencit jantan dengan umur 2-3 bulan dan berat badan 20-30 gram, mencit akan diadaptasikan dengan lingkungan selama 7 hari di Laboratorium Farmakologi Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Malang.

#### **3.4.2 Pemaparan *Airfreshener* Terhadap Hewan Uji**

Pemaparan pada mencit untuk tahapan penelitian pada kelompok perlakuan (K2), pemaparan pada mencit dilakukan sebanyak satu kali sehari selama 21 hari, dimana setiap mencit akan dikelompokkan menjadi 7 kelompok dengan masing – masing sebanyak 5 mencit, lalu dimasukkan ke dalam *chamber* pemaparan yang telah diberikan lubang kecil di salah satu sisinya, melalui lubang kecil tersebut setiap *chamber* diberikan paparan *airfreshener* dengan dosis 9x semprot, kemudian lubang kecil tersebut ditutup selama 20 menit. Setelah diberikan paparan selama 20 menit, maka penutup *chamber* dibuka dan mencit dibiarkan menghirup udara bebas. Kemudian dilanjutkan pemaparan mencit untuk tahapan penelitian pada kelompok kontrol (K3) dilakukan dengan pemberian campuran ekstrak antioksidan berupa jambu biji, pare, brokoli, dan bawang merah. Mencit yang telah mendapat perlakuan selama 21 hari, selanjutnya pada hari ke-22 mencit dibedah untuk diambil sel darahnya pada bagian jantung, pembedahan pada mencit dilakukan dengan posisi mencit terlentang menghadap ke atas dengan masing – masing kakinya ditancapkan diatas alas yang terbuat oleh lapisan lilin dengan jarum pentul. Ketika mencit sudah tertancap dengan benar berikutnya mencit dibedah dengan alat bedah dan diambil beberapa sampel sel darah untuk diteliti lebih lanjut.

#### **3.4.3 Penginjeksian Antioksidan Pada Mencit**

Antioksidan yang digunakan pada percobaan ini berupa jambu biji, pare, brokoli, dan bawang merah, yang diolah dalam ekstrak untuk diinjeksikan secara oral dengan menggunakan sonde lambung. Pemberian antioksidan dilakukan selama 3 minggu pada hewan uji mencit yang sudah dipaparkan pengharum ruangan, dengan variasi



dosis antioksidan yang telah ditentukan, dengan menggunakan referensi menurut Harmita & Radji (2006), faktor konversi dosis antioksidan dari manusia ke mencit ditunjukkan pada Tabel 3.3

**Tabel 3.3** Konversi dosis antara manusia dan hewan.

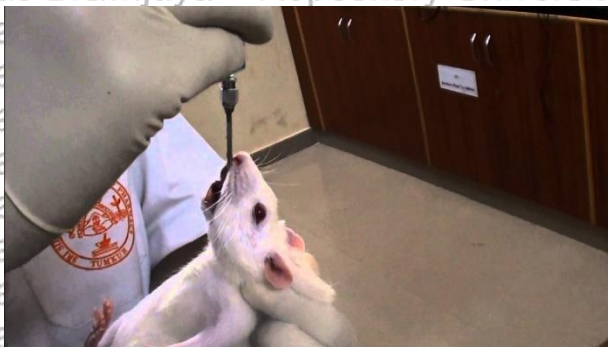
Hewan percobaan	Mencit 20g	Tikus 400g	Marmut 400g	Kelinci 1.5kg	Kucing 2kg	Kera 4kg	Anjing 12kg	Manusia 70kg
Mencit 20g	1,0	7,0	12,25	2,78	29,7	64,1	124,2	387,9
Tikus 400g	0,14	1,0	1,74	3,9	4,2	9,2	17,8	56,0
Marmut 400g	0,08	0,57	1,0	2,25	2,4	5,2	10,2	31,5
Kelinci 1.5kg	0,04	0,25	0,44	1,0	1,08	2,4	4,5	14,2
Kucing 2kg	0,03	0,23	0,41	0,92	1,0	2,2	4,1	13,2
Kera 4kg	0,016	0,11	0,19	0,42	0,45	1,0	1,9	6,1
Anjing 12kg	0,008	0,06	0,10	0,22	0,24	0,52	1,0	3,1
Manusia 70kg	0,0026	0,018	0,031	0,07	0,076	0,16	0,32	1

Perhitungan dosis yang lengkap untuk di injeksikan kepada mencit akan dijelaskan pada Tabel 3.4.

**Tabel 3.4** Dosis antioksidan pada mencit.

Antioksidan	Dosis Pada Manusia	Dosis Pada Mencit				
		1	2	3	4	5
Jambu	2200	2,86	4,29	5,72	7,15	8,58
Pare	3300	4,29	6,4	8,58	10,75	12,87
Bawang	1425	1,85	2,77	3,705	4,631	5,55
Brokoli	27000	42	56	70	84	98
Total		51	69,4	88	106,5	125

Proses injeksi antioksidan pada mencit dapat ditunjukkan pada Gambar 3.2.



**Gambar 3.2** Injeksi antioksidan pada mencit.

### 3.4.4 Pengukuran Sampel dengan ESR dan Kapasitansi Meter

*Electron Spin Resonance* (ESR) adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi radikal bebas tipe Leybold-Heracus dari sel darah mencit yang bekerja pada arus maksimal 2 ampere dengan frekuensi 13 MHz – 130 MHz. Rangkaian ESR dirangkai dengan posisi unit

ESR berada diantara dua kumparan Hemholtz yang dipasang paralel, lalu unit ESR dihubungkan dengan multimeter serta pengendali ESR. Alat pengendali ESR tersebut berfungsi sebagai pengatur arus dan beda fase yang nantinya dihubungkan dengan osiloskop untuk menampilkan visualisasi kurva resonansi.

Prosedur awal yaitu unit ESR dikalibrasi terlebih dahulu dengan menggunakan kalibrator DPPH agar dapat mengetahui tingkat keakuratannya. Dimana kalibrator DPPH dipasang pada unit ESR dan dimasukkan dalam kumparan RF. Beda fase dan frekuensi diatur sedemikian rupa agar dapat menghasilkan kurva yang simetris dengan jelas seperti huruf V. Selanjutnya sampel sel darah diambil dan dimasukkan kedalam tabung untuk diletakkan pada kumparan RF. Tabung beserta komponen RF dipasang pada ESR untuk dilakukan pendeteksian dan pengukuran radikal bebas dengan cara mengatur besar frekuensi dan arus sehingga terjadi resonansi dari dua gelombang, yaitu gelombang radio frekuensi dan gelombang deeksitasi akibat adanya medan magnet luar kumparan Helmholtz. Frekuensi resonansi ( $f$ ) akibat adanya medan magnet ( $B$ ), akan ditampilkan dalam bentuk kurva pada layar osiloskop.

Selanjutnya adalah pengukuran kapasitansi meter dengan menggunakan kapasitansi meter ALDA bernomor seri AVD890G yang terhubung pada dua pelat sejajar. Kapasitansi meter ALDA akan menghasilkan besar kapasitansi yang terukur, untuk mengetahui nilai konstanta dielektrik suatu bahan. Pengukuran untuk masing - masing sampel dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan, serta jarak antar pelat juga dihitung. Informasi hasil pengukuran tersebut dapat digunakan untuk menghitung besar konstanta dielektrik bahan yang diperlukan.

### **3.4.5 Pengujian Kadar MDA pada Sampel Sel Darah**

Malondialdehyde (MDA) adalah sebuah indikator yang dapat menggambarkan adanya stres oksidatif akibat radikal bebas dari suatu sel. Pengujian kadar MDA pada sampel sel darah menci dilakukan di laboratorium Ilmu faal Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya. Sampel darah diambil dari masing - masing kelompok perlakuan dan diuji sebanyak 3 kali.

Konsentrasi kadar MDA dapat diukur dengan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang eksitasi 515 nm dan emisi 553 nm. Sel darah mencit diambil sebanyak 100 mg dan dimasukkan ke dalam tabung eppendorf untuk kemudian disentrifugasi dan dihomogenasi. Selanjutnya, sampel dipanaskan dan diukur nilai absorbansinya.

### 3.4.6 Pengukuran Sampel Sel Darah dengan Unit ESR dan Picoscope S5000

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *Electron Spin Resonance* (ESR) untuk mendeteksi radikal bebas dengan tipe Leybold-Heracus yang bekerja pada frekuensi 13 MHz – 130 MHz dengan arus maksimal 2 mA. Alat ESR ini tersusun dari rangkaian unit ESR yang berada diantara dua kumparan Hemholtz yang disusun secara paralel kemudian dihubungkan dengan multimeter serta alat pengendali ESR. Alat pengendali ESR berfungsi sebagai pengatur arus dan beda fase yang dihubungkan dengan osiloskop untuk menampilkan kurva resonansi.

Unit ESR sebelum digunakan harus dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan kalibrator DPPH untuk mengetahui keakuratannya. Kalibrator DPPH dimasukkan dalam kumparan RF dan dipasang pada unit ESR. Frekuensi dan beda fase diatur sedemikian rupa sehingga terbentuk kurva simetris berhimpit seperti huruf V dengan jelas. Selanjutnya sampel hati dimasukkan kedalam tabung dan diletakkan pada kumparan RF. Komponen RF beserta tabung tersebut dipasang pada unit ESR. Pengukuran dan pendeteksian radikal bebas dilakukan dengan mengatur besar frekuensi dan arus sehingga terjadi resonansi dari dua gelombang, yaitu gelombang radio frekuensi dan gelombang deeksitasi akibat adanya medan magnet luar kumparan Helmholtz. Penentuan jenis radikal bebas yang terdapat pada sampel dapat diketahui dengan perhitungan antara data frekuensi ( $f$ ) dan arus ( $I$ ) yang diperoleh. Kemudian akan didapatkan besar medan magnet ( $B$ ) dan nilai faktor-g. Nilai medan magnet dapat diketahui dengan persamaan,

$$B = \mu_0 \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \frac{n}{r} I \quad (3.1)$$

dimana ;

$$\mu_0 = 1,2566 \times 10^{-6} \text{ Vs/Am}$$

$n$  = jumlah lilitan pada kumparan Helmholtz ( $n = 320$ )



$r$  = jari – jari kumparan Helmholtz ( $r = 6,8 \text{ cm}$ )

$I$  = arus yang mengalir pada kumparan Helmholtz ( $A$ )

Kemudian besar medan magnet ( $B$ ) dapat digunakan untuk mencari nilai faktor-g dengan persamaan,

$$g = \frac{hf}{\mu_B B} \quad (3.2)$$

dimana ;

$\mu_B$  = magneton Bohr ( $\mu_B = 9,274078 \times 10^{-24} \text{ Am}^2$ )

$h$  = konstanta Plank ( $h = 6,625 \times 10^{-34} \text{ Ws}^2$ )

$f$  = frekuensi resonansi (Hz)

$B$  = medan magnet eksternal (T)

Pengukuran berikutnya adalah mencari nilai impedansi bahan menggunakan unit Picoscope S5000. Piranti ini merupakan sistem akuisisi data (DAQ) kecepatan tinggi dua kanal (*channel*) yang dilengkapi pembangkit tegangan AC (*AC signal generator*) yang dapat dioperasikan hingga frekuensi 20 MHz. Dalam kerjanya unit Picoscope S5000 dikontrol dengan software Picoscope-V6 yang telah diinstal didalam komputer. Prinsip kerja pengoperasian unit Picoscope yaitu,

- Mengatur generator tegangan yang berada pada modul Picoscope untuk memproduksi tegangan sebesar 1 volt dengan rentang frekuensi yang dipilih 1Hz – 1MHz.
- Modul rangkaian *V-I Converter* akan mengkonversi tegangan ke arus pada frekuensi yang bersesuaian, dengan nilai *V-I* yang dipilih. Arus ini selanjutnya diinjeksikan ke dalam probe plat sejajar.
- Keluaran tegangan probe plat sejajar selanjutnya dibuffer dan dikuatkan oleh penguat instrumentasi untuk dianalisa *channel 2* unit Picoscope. Pada saat yang bersamaan sinyal tegangan dari Picoscope direcord kedalam *channel 1* unit Picoscope, sebagai referensi arus.

Nilai yang didapat dari analisa menggunakan unit Picoscope tersebut dapat ditampilkan pada menu *measurement*, berupa tegangan *peak to peak* ( $V_{pp}$ ) dan digunakan untuk menghitung besar tegangan total menggunakan persamaan berikut,

$$V_{total} = \frac{V_{pp}}{2} \quad (3.3)$$

dimana :

$V_{total}$  = Tegangan total (V)

$V_{pp}$  = Tegangan *peak to peak* (V)

Nilai tegangan total yang telah didapat kemudian dimasukkan ke dalam persamaan 3.5 untuk mendapatkan nilai impedansi sampel.

$$Z = \frac{V_{total}}{I} \quad (3.4)$$

dimana :

$I$  = Injeksi arus yang diberikan (A)

$V_{total}$  = Tegangan total (V)

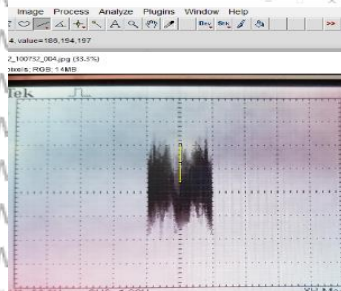
$Z$  = Impedansi bahan ( $\Omega$ )

Analisa data yang dilakukan yaitu menggambarkan grafik hubungan antara frekuensi dengan nilai impedansi yang didapat dari sampel, serta grafik hubungan antara impedansi dengan dosis antioksidan yang diberikan kepada mencit.

### 3.4.7 Perhitungan Besar Amplitudo Kuadrat Kurva Resonansi ESR

Pada penelitian ini akan didapatkan sinyal impuls resonansi yang ditampilkan pada osiloskop unit ESR. Sinyal impuls resonansi tersebut ditunjukkan dengan bentuk kurva lisajous, seperti Gambar 3.3

Kurva yang dihasilkan akan diukur kecekungannya berdasarkan besar amplitudo kuadrat dari kurva resonansi. Hasil perhitungan amplitudo kuadrat kurva resonansi tersebut akan dibuat grafik hubungan dengan dosis antioksidan yang diberikan kepada mencit.



**Gambar 3.3** Kurva lisajous unit ESR.

Perhitungan amplitudo kuadrat kurva resonansi dimulai dengan beberapa tahap. Pertama memasukkan gambar ke dalam *software imageJ*. Kedua dilakukan kalibrasi pengukuran dengan memilih menu *analyze*, selanjutnya dipilih *set scale* untuk menerapkan skala acuan dalam milimeter. Ketiga diukur kedalaman atau cekungan kurva resonansi dengan menarik garis dari dasar cekungan kurva, hingga puncak cekungan menggunakan *tool straight*. Untuk menampilkan hasilnya dipilih menu *measure*, maka setiap kedalaman yang dicari dapat diketahui nilainya dalam skala milimeter.

Data kedalaman hasil pengukuran yang didapatkan kemudian diidentifikasi serta dicari yang memiliki nilai paling tinggi kecuramannya. Nilai dengan kecuraman paling tinggi untuk setiap perlakuan kemudian dikuadratkan, sehingga didapatkan besar amplitudo kuadrat kurva resonansi ESR. Amplitudo kuadrat kurva resonansi ESR tersebut dapat dijadikan sebagai indikator yang menggambarkan intensitas radikal bebas yang terkandung didalam sampel yang diukur. Analisa data yang dilakukan yaitu menggambarkan grafik hubungan antara amplitudo kuadrat kurva resonansi dengan dosis antioksidan yang diberikan kepada mencit.

### 3.5 Analisis Data

Radikal bebas yang terdapat pada sampel darah dapat diketahui jenisnya dengan menggunakan perhitungan antara data arus (*I*) dan frekuensi (*f*) yang diperoleh. Kemudian untuk didapatkan besar medan magnet (*B*) dan nilai faktor *g* dapat diketahui dengan persamaan,

$$B = \mu_0 \left( \frac{4}{5} \right)^{3/2} \frac{n}{r} I \quad (3.5)$$

dimana ;

$$\mu_0 = 1,2566 \times 10^{-6} \text{ Vs/Am}$$

*n* = jumlah lilitan pada kumparan Helmholtz (*n* = 320)

*r* = jari – jari kumparan Helmholtz (*r* = 6,8 cm)

*I* = arus yang mengalir pada kumparan Helmholtz (A)

Kemudian untuk mengetahui nilai faktor *g* dapat menggunakan persamaan,

$$g = \frac{hf}{\mu BB} \quad (3.6)$$

dimana :

$\mu_B$  = magneton Bohr ( $\mu_B = 9,274078 \times 10^{-24} \text{ Am}^2$ )

$h$  = konstanta Plank ( $h = 6,625 \times 10^{-34} \text{ Js}^2$ )

$f$  = frekuensi resonansi (Hz)

$B$  = medan magnet eksternal (T)

Konstanta dielektrik ( $\epsilon'$ ) dapat diketahui dengan persamaan,

$$\epsilon' = \frac{Cd}{\epsilon_0 A} \quad (3.7)$$

dimana ;

$C$  = kapasitas kapasitor (F)

$\epsilon_0$  = permitivitas udara ( $8,85 \times 10^{-12} \text{ C/Nm}^2$ )

$d$  = jarak keping (m)

$A$  = luas penampang keping ( $\text{m}^2$ )

Proses analisis data yang dilakukan yaitu berupa plotting grafik hubungan antara konstanta dielektrik sampel organ hati terhadap konsentrasi *airfreshener* yang digunakan. Sedangkan analisis data konsentrasi kadar MDA pada sampel dilakukan dengan membuat grafik hubungan antara kadar MDA yang didapat dari sampel dengan nilai konstanta dielektrik yang didapat dari sampel.



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

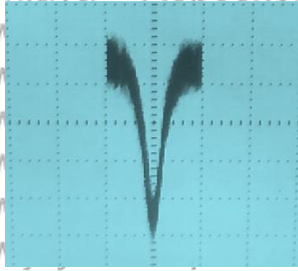
### 4.1 Kalibrasi Alat *Electron Spin Resonance*

Radikal bebas pada penelitian ini dapat dideteksi keberadaannya dengan menggunakan alat ESR atau *Electron Spin Resonance* dengan tipe *Leybold Heracus*. Untuk mendapatkan hasil yang akurat sebagai alat uji maka ESR yang akan digunakan harus dikalibrasikan terlebih dahulu. Kalibrasi pada ESR diperlukan sebuah kalibrator sebagai acuan, kalibrator yang digunakan ialah kalibrator DPPH (diphenyl Picrilhydrazyl), DPPH merupakan senyawa kimia organik yang memiliki sifat radikal yang stabil dan baik. Pada literatur nilai DPPH sudah diketahui, yang nilainya akan ditunjukkan melalui Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Nilai Kalibrasi DPPH.

Frekuensi (MHZ)	Arus (A)	Medan Magnet (T)	Faktor-g Literatur	Faktor-g Eksperimen	Faktor Kalibrasi
25,98	0,199	0,000842	2,0036	2,2044	0,9514

Nilai DPPH pada Tabel 4.1 menunjukkan dua nilai faktor-g pada literatur dan eksperimen yang berbeda, pada literatur didapatkan 2,0036, sedangkan pada faktor-g kalibrasi didapatkan 2,2044 sehingga didapatkan faktor kalibrasi yang besarnya 0,9514, meskipun nilainya berbeda, namun faktor kalibrasinya menghasilkan nilai  $0,9514 \approx 1$ , hal tersebut menandakan bahwa alat ESR yang digunakan sudah cukup akurat untuk digunakan sebagai alat uji dalam mendeteksi keberadaan radikal bebas. Kemudian faktor kalibrasi yang didapatkan dikalikan dengan nilai daripada faktor-g yang sesungguhnya, sehingga Gambar dari hasil kalibrasi DPPH alat ESR yang digunakan dapat ditunjukkan pada Gambar 4.1



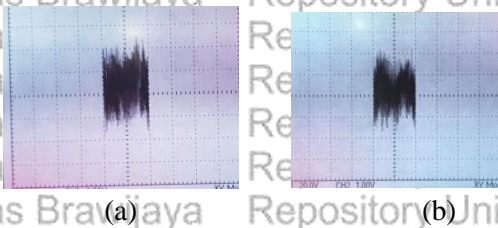
**Gambar 4.1** Kurva yang dihasilkan Kalibrasi DPPH.

#### **4.2 Jumlah Semprotan Airfreshener dan Dosis Antioksidan yang Diberikan pada Mencit**

Jumlah semprotan *airfreshener* yang dipaparkan pada mencit adalah sembilan kali semprotan secara konstan. Antioksidan yang diberikan merupakan hasil konversi dosis yang dapat diterima oleh manusia ke dosis mencit dengan faktor konversi sebesar 0,0026, nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.2. Melalui perhitungan konversi dosis, maka variasi dosis campuran antioksidan yang diberikan ke mencit adalah 51 mg; 69,5 mg; 88 mg; 106,5 mg; 125 mg, dengan antioksidan yang digunakan merupakan (campuran ekstrak brokoli, pare, jambu dan bawang merah) yang dipilih keempat antioksidan didasari oleh masing-masing kandungan yang saling melengkapi untuk memenuhi kebutuhan organisme hidup.

#### **4.3 Identifikasi Jenis Radikal Bebas pada Sel Darah Mencit**

ESR akan memberikan hasil kandungan radikal bebas dengan menampilkan betuk kurva, kurva yang dihasilkan akan memiliki kemiringan kecekungan yang berbeda, kemiringan kecekungan merupakan tanda keberadaan radikal bebas pada suatu material dalam hal ini adalah sel darah, pengujian yang dilakukan adalah dengan membandingkan dua bentuk kurva antara sel darah yang sehat (kelompok kontrol) pada Gambar 4.2 (a) dengan sel darah yang rusak (kelompok perlakuan) Gambar 4.2 (b).



**Gambar 4.2** (a) Bentuk kurva ESR pada kelompok kontrol, (b) Bentuk kurva ESR pada kelompok perlakuan.

Dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa sel darah yang telah diberikan perlakuan memiliki keberadaan radikal bebas yang signifikan daripada sel darah dalam kelompok kontrol. Identifikasi jenis radikal bebas yang terkandung dapat dilakukan dengan menghitung faktor-g dan dibandingkan dengan faktor-g literatur, sehingga mampu diidentifikasi bahwa jenis radikal bebas pada sel darah mencit yang terpapar pengharum ruangan dan diberi antioksidan adalah radikal bebas dengan jenis  $O_2^-$  yang dapat ditunjukkan pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Identifikasi jenis radikal bebas pada sel.

Perlakuan	Faktor-g eksperimen	Faktor-g literature	Jenis Radikal Bebas
Kontrol	-	-	-
PP	1.5525	1.501-1,75	$O_2^-$
AO1	1.6207	1.501-1,75	$O_2^-$



AO2	1.5865	1,501-1,75	$O_2^-$
AO3	1.5610	1,501-1,75	$O_2^-$
AO4	1.6204	1,501-1,75	$O_2^-$
AO5	1.5865	1,501-1,75	$O_2^-$

Radikal bebas pada sampel dapat diukur intensitasnya dengan melakukan pengukuran pada kemiringan kecekungan kurva yang dihasilkan. Tabel 4.2 menunjukkan bahwa uji sampel sel darah menciit yang tidak terpapar *airfreshener* dan tidak diberikan antioksidan, tidak menunjukkan keberadaan radikal bebas, walaupun telah dilacak pada berbagai frekuensi. Namun pada dosis 69,5 mg (AO2) ditemukan adanya kandungan radikal bebas yang sedikit. Pada perlakuan pemaparan pengharum ruangan tanpa antioksidan (PP) ditemukan kandungan radikal bebas yang paling banyak. Kandungan radikal bebas jenis anion superoksida atau  $O_2^-$  merupakan radikal bebas yang termasuk kedalam golongan *Reactive Oxygen Species* (ROS) (Bouayed dan Bohn 2010). Hal ini dapat diketahui dengan terbentuknya kurva resonansi atau kurva *lissajous*.

Kurva *lissajous* terbentuk akibat resonansi spin elektron antara elektron yang tidak berpasangan dengan medan magnet eksternal. Induksi dari energi gelombang mikro oleh spektroskopi ESR mengakibatkan elektron yang tidak berpasangan pada sampel cenderung menyejajarkan diri terhadap medan magnet eksternal. Sehingga semakin banyak elektron bebas pada sampel, maka kurva akan semakin memiliki kecekungan yang tinggi, karena elektron akan semakin banyak yang mengalami transisi spin. Senyawa yang

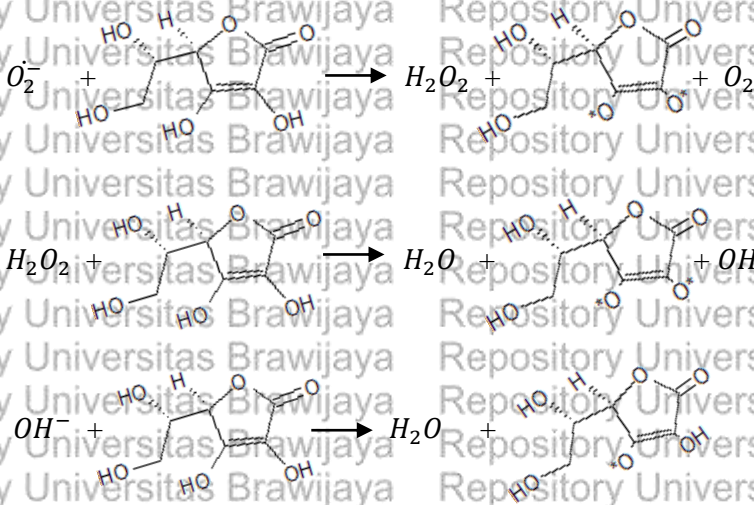


terkandung dalam *airfreshener* tentu tidak mengandung radikal bebas, tetapi ketika masuk dan berinteraksi didalam tubuh maka akan menimbulkan berbagai peristiwa berantai yang memicu terjadinya gangguan rantai respirasi sehingga terjadi reduksi  $O_2$  menjadi  $O_2^-$  (Fitria, 2003).

#### **4.4 Efek dari Dosis Antioksidan dengan Keberadaan Radikal Bebas pada Sel Darah Mencit**

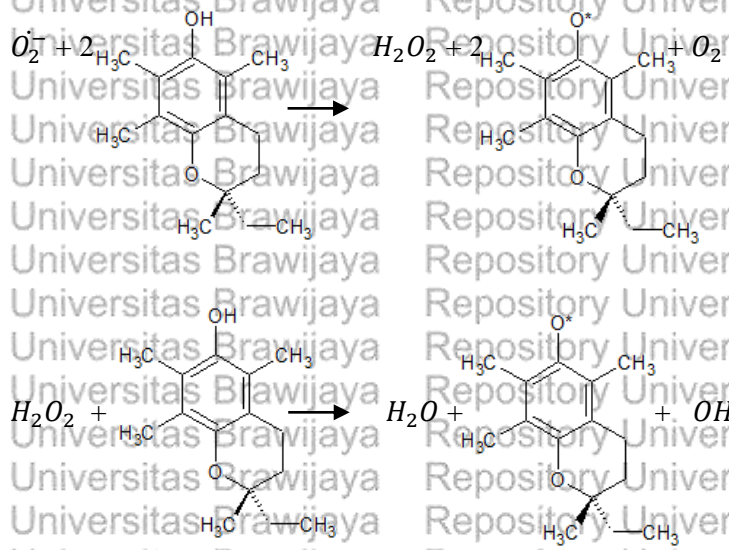
Antioksidan merupakan senyawa yang mampu menjadi penyeimbang akan adanya radikal bebas dengan mendonorkan pasangan elektron bebas yang dimilikinya. Pada sel darah mencit radikal bebas yang terdeteksi adalah jenis  $O_2^-$ . Radikal bebas berjenis  $O_2^-$  menjadi sangat berbahaya apabila berinteraksi dengan senyawa hidrogen peroksida  $H_2O_2$ , karena akan menghasilkan senyawa radikal hidroksil ( $OH^-$ ) (Carocho dan Ferreira 2013). Radikal bebas tersebut dapat diredam efeknya dengan melakukan pemberian antioksidan dari campuran ekstrak jambu biji, pare, brokoli, dan bawang merah. Reaksi peredaman tersebut terjadi akibat adanya donor elektron  $e^-$  dan dua atom hidrogen, sehingga dihasilkan hidrogen peroksida dan radikal antioksidan.  $H_2O_2$  akan bereaksi kembali dengan antioksidan dan membentuk senyawa  $H_2O$ . Radikal hidroksil ( $OH^-$ ) akan menjadi stabil ketika mendapat donor elektron dan satu atom hydrogen untuk menghasilkan  $H_2O$  dan radikal antioksidan (Carocho dan Ferreira 2013).

Antioksidan mampu menekan keberadaan radikal bebas dalam tubuh dikarenakan memiliki kandungan kimiawi yang sangat penting untuk tubuh, beberapa kandungan wajib yang harus dimiliki oleh antioksidan diantaranya adalah vitamin C, vitamin E, flavanoid dan karatenoid. Kandungan tersebut memiliki masing-masing fungsi yang sangat berguna dan efektif untuk menekan keberadaan radikal bebas di dalam tubuh. Vitamin C yang merupakan salah satu kandungan antioksidan untuk lipid dan protein, dimana senyawa vitamin C akan bereaksi dengan oksigen, untuk mencegah terjadinya reaksi antara oksigen dan lipid. Proses ini akan mencegah terjadinya pembentukan lipid hidroperoksida, hal ini juga diperkuat oleh Muliasari (2009), yang mengatakan bahwa anion superoksida merupakan salah satu jenis radikal oksigen yang dapat direduksi oleh vitamin C dengan reaksi pereduksi yang dapat dilihat pada Gambar 4.3.

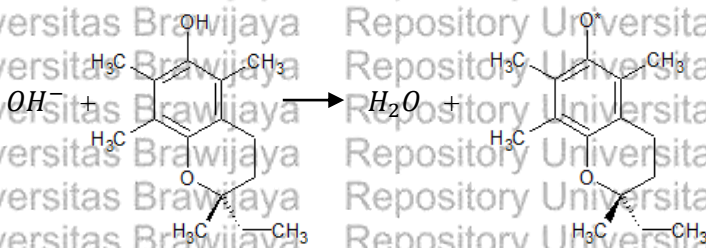


**Gambar 4.3** Reaksi vitamin C dengan  $\text{O}_2^-$ .

Vitamin E yang berfungsi sebagai reduktor dan menangkap radikal bebas. Kandungan Isomer tokofenol pada vitamin E merupakan antioksidan yang berguna sebagai pemutus ikatan. Aktivitas antioksidatif dari tokofenol akan mendonorkan elektronnya kepada radikal bebas, sehingga radikal bebas tersebut menjadi stabil (Hobbs, 2008). Radikal  $\text{O}_2^-$  dapat diredam oleh antioksidan oleh kandungan senyawa aktif vitamin E yang tinggi. Reaksi peredaman radikal bebas jenis  $\text{O}_2^-$  oleh vitamin E dapat ditunjukkan oleh Gambar 4.4.

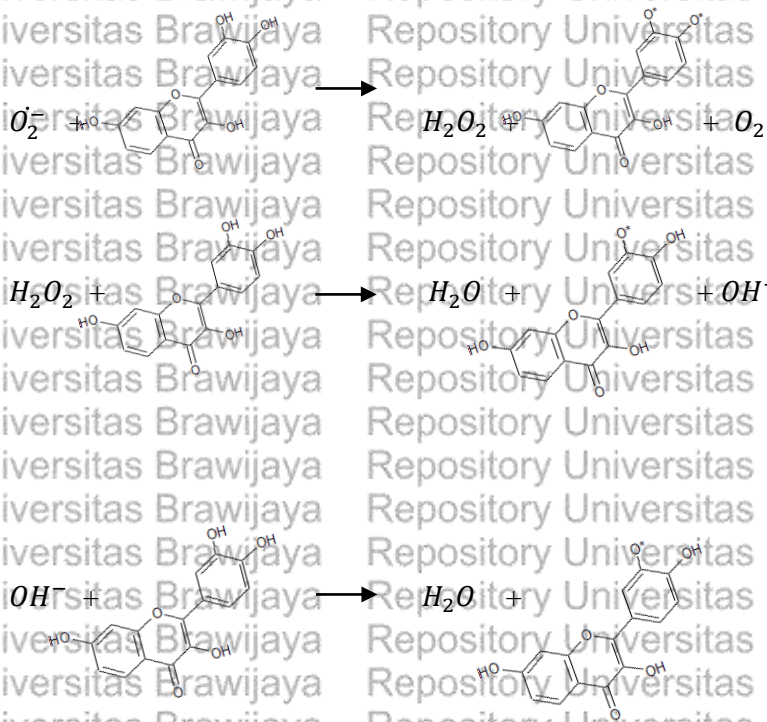






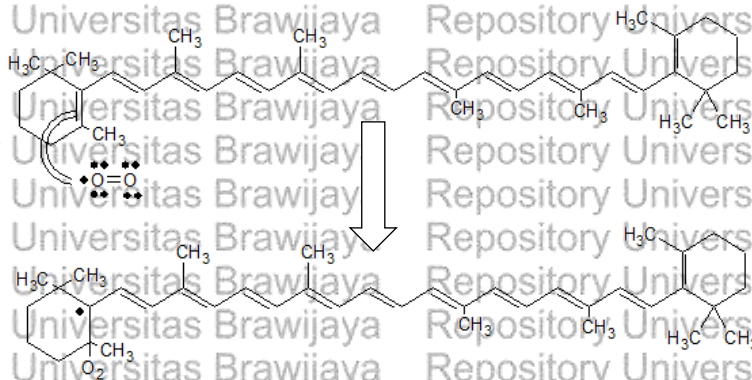
**Gambar 4.4** Reaksi vitamin E dengan  $OH^-$ .

Flavonoid memiliki kemampuan untuk mendonorkan sebuah elektron ke senyawa radikal bebas (Carocho dan Ferreira 2013). Struktur flavonoid memiliki beberapa atom hidrogen sehingga dapat menekan jumlah radikal bebas  $O_2^-$ . Reaksi peredaman radikal bebas jenis  $O_2^-$  dengan flavonoid dapat ditunjukkan pada Gambar 4.5.



**Gambar 4.5** Reaksi flavanoid dengan  $O_2^-$ .

Karotenoid mampu meredam radikal bebas jenis oksigen singlet dan peroksida radikal. Energi dari molekul singlet oksigen akan berpindah ke molekul karotenoid, selanjutnya diperoleh keadaan dasar (*ground state*) oksigen dan ketruplet eksitasi karotenoid. Ikatan rangkap pada struktur heksana senyawa beta karoten akan cenderung melepaskan pasangannya sehingga akan berinteraksi dengan elektron bebas pada radikal bebas  $O_2^-$ . Pelepasan elektron tersebut akan membuat radikal bebas  $O_2^-$  berubah menjadi  $O_2$  dan menempel pada gugus beta karoten (Sen dkk. 2010). Gambar 4.6 menunjukkan interaksi beta karoten dengan radikal bebas jenis  $O_2^-$ .



**Gambar 4.6** Reaksi karotenoid dengan  $O_2^-$ .

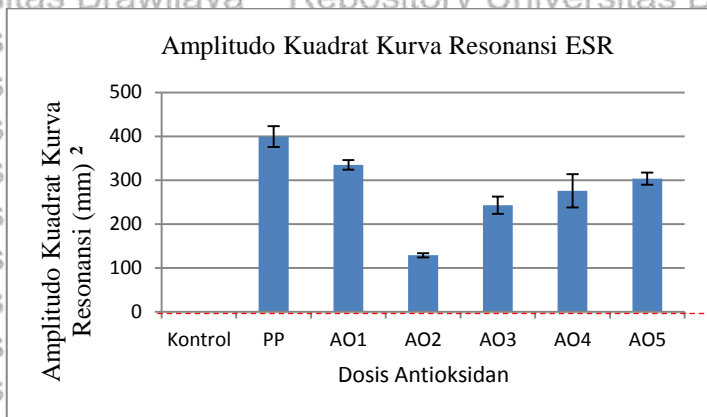
Semua kandungan kimiawi tersebut telah dipastikan keberadaannya di dalam antioksidan yang berasal dari campuran ekstrak jambu biji, pare, brokoli, dan bawang merah. Sehingga ini yang menjadikan alasan utama mengapa campuran ekstrak jambu biji, pare, brokoli, dan bawang merah dirasa lebih efektif untuk digunakan sebagai antioksidan dalam penelitian ini.

#### 4.5 Efek Dari Dosis Antioksidan dengan Nilai Amplitudo Kuadrat Kurva Resonansi ESR

Jenis radikal bebas pada sel darah mencit yang terdeteksi adalah jenis anion superoksida atau  $O_2^-$ , setelah mengetahui



jenisnya maka selanjutnya adalah menentukan intensitas radikal bebas yang terkandung di dalam sel darah mencit, yang mana intensitasnya ditunjukkan melalui nilai amplitudo kuadrat kurva resonansi ESR. Nilai amplitudonya pada ESR dipengaruhi dengan berbagai macam uji perlakuan pada mencit yang dimulai dari perlakuan sampel kontrol, sampel dengan paparan *airfreshener* tanpa antioksidan, dan sampel dengan paparan *airfreshener* dengan disertai pemberian antioksidan dengan lima variasi dosis yang berbeda. Sehingga didapatkan hasil amplitudo kuadrat kurva resonansi ESR seperti yang terlihat pada Gambar 4.7.



**Gambar 4.7** Grafik hubungan antara antioksidan terhadap intensitas radikal bebas pada sel darah mencit.

Grafik pada Gambar 4.7 menunjukkan hubungan antara amplitudo kuadrat kurva resonansi yang ditunjukkan oleh ESR terhadap dosis antioksidan jambu biji, pare, brokoli, dan bawang merah yang telah diberikan kepada mencit. Dapat dilihat bahwa grafik yang mendapat perlakuan dengan dipaparkan *airfreshener* tanpa antioksidan (PP), memiliki nilai amplitudo tertinggi, diantara semua perlakuan, kemudian penurunan nilai amplitudo kuadrat kurva ESR terjadi pada dosis pertama (AO1) hingga dosis kedua (AO2). Selanjutnya amplitudo kuadrat kurva resonansi tidak terus konstan mengalami penurunan tetapi kembali naik ketika mencit mendapat

perlakuan pada dosis ketiga (AO3), keempat (AO4), dan kelima (AO5).

Besar amplitudo kuadrat kurva resonansi pada perlakuan kontrol hampir tidak terlihat atau sama dengan nol, karena mencit tidak mendapat perlakuan paparan *airfreshener* maupun pemberian antioksidan. Grafik amplitudo kuadrat kurva resonansi ESR mengalami penurunan ketika mulai diberikan penambahan dosis antioksidan dari campuran ekstrak jambu biji, pare, brokoli, dan bawang merah. Hal ini membuktikan bahwa penambahan dosis antioksidan tersebut berpengaruh terhadap intensitas radikal bebas yang terdapat pada sel darah mencit yang diberikan paparan *airfreshener*, karena campuran ekstrak jambu biji, pare, brokoli, dan bawang merah memiliki kandungan beberapa senyawa aktif seperti beta karoten, flavanoid, vitamin C, dan vitamin E (Hamid dkk. 2010) yang mampu menekan keberadaan atau intensitas radikal bebas dalam sel darah mencit.

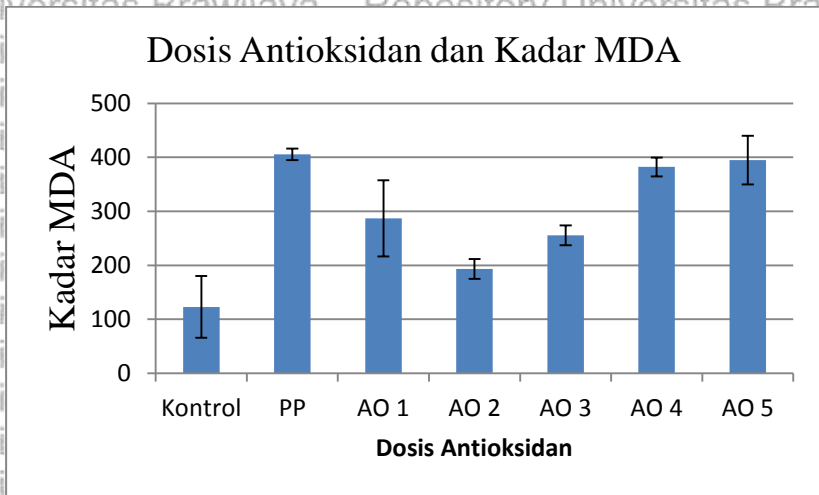
Pada dosis ketiga, keempat, dan kelima, intensitas radikal bebas menunjukkan penambahan nilai pada grafik, hal ini menjelaskan bahwa antioksidan sudah tidak lagi bersifat menyembuhkan atau menekan intensitas radikal bebas, tetapi bersifat sebagai racun atau oksidan yang kembali merusak akibat pemberian antioksidan yang overdosis (Siedlinski dkk. 2008). Hal ini terjadi karena dalam penelitian ini antioksidan yang diberikan adalah antioksidan dengan jenis ekstrak, kelebihan antioksidan justru akan menjadi oksidan yang kembali merusak sel darah mencit (Carocho dan Ferreira 2013).

Nilai amplitudo kuadrat kurva resonansi ESR pada dosis kedua merupakan yang paling rendah dibandingkan nilai amplitudo kuadrat kurva resonansi ESR variasi dosis yang lainnya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dosis kedua (AO2) merupakan dosis yang paling optimal untuk menekan intensitas radikal bebas dalam sel darah mencit. Kemudian hal ini juga menunjukkan bahwa dosis antioksidan yang paling optimal masih belum mampu untuk menyembuhkan dan menekan kerusakan sel darah mencit hingga nol atau mendekati nilai yang signifikan mendekati kontrol.

#### **4.6 Efek Dosis Antioksidan dengan Kadar MDA**

Malondialdehida (MDA) merupakan senyawa yang dihasilkan oleh tubuh apabila berinteraksi dengan radikal bebas. MDA dapat dijadikan sebagai indikator keberadaan radikal bebas di dalam tubuh

(Roman 2002). Berdasarkan hasil penelitian ini didapatkan hubungan pemberian antioksidan terhadap kadar MDA yang ditunjukkan pada Gambar 4.8.



**Gambar 4.8** Grafik hubungan dosis antioksidan dan kadar MDA.

Pada Gambar 4.8 dijelaskan bahwa kandungan radikal bebas pada mencit memiliki nilai terendah pada perlakuan kontrol. Kemudian, kandungan radikal bebas tertinggi terdapat pada perlakuan mencit yang dipaparkan *airfreshener* tanpa antioksidan (PP) dengan jumlah kadar MDA sebesar. Selanjutnya pada perlakuan mencit yang diberikan paparan *airfreshener* dan antioksidan, pada dosis pertama (AO1) dan dosis kedua (AO2), menunjukkan jumlah kadar MDA yang menurun secara signifikan, kemudian jumlah kadar MDA mengalami peningkatan kembali pada dosis ketiga (AO3), dosis keempat (AO4) dan dosis kelima (AO5).

Hal ini menjelaskan bahwa mencit yang menerima perlakuan paparan *airfreshener* tanpa antioksidan, memiliki kandungan radikal bebas yang lebih banyak dibandingkan dengan kontrol. Kemudian jumlah kadar MDA mengalami perubahan nilai apabila diberikan antioksidan dari campuran ekstrak jambu biji, pare, brokoli, dan bawang merah. Dosis pertama (AO1) dan kedua (AO2) mampu menekan kandungan radikal bebas di dalam sel darah mencit. Pada dasarnya radikal bebas yang terbentuk melalui proses oksidasi akan berada dalam keadaan yang tidak stabil dan cenderung melepas atau

menyerap elektron dari sel lain (Abdi dan Redha 2013). Apabila sebuah elektron dilepaskan atau ditangkap oleh radikal bebas, maka akan terbentuk radikal bebas yang baru sehingga rantai radikal bebas tercipta (Khalaf dkk. 2008). Jika rantai radikal bebas terus terjadi dalam waktu yang lama, sel tubuh akan menjadi rusak. Kandungan kimiawi pada antioksidan berupa beta karoten, vitamin C, flavanoid dan vitamin E dari campuran ekstrak jambu biji, pare, brokoli, serta bawang merah dapat membantu untuk mengubah radikal bebas menjadi stabil. Artinya, rantai radikal bebas akan terhenti serta menghentikan proses oksidasi yang terjadi (Abdi dan Redha 2013).

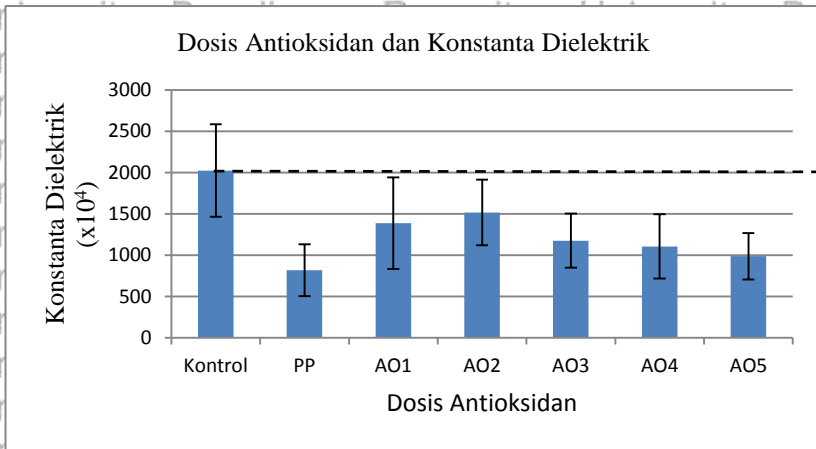
Selanjutnya, pada grafik menunjukkan bahwa terjadi peningkatan jumlah kandungan radikal bebas pada sel darah mencit, untuk dosis ketiga (AO3), dosis keempat (AO4) dan dosis kelima (AO5). Hal ini disebabkan karena dosis antioksidan yang diberikan sudah menjadi racun (overdosis) atau oksidan bagi mencit, sehingga rantai elektron kembali tidak seimbang, dan kelebihan elektron yang terjadi akan membuat sel memiliki banyak elektron yang tidak berpasangan, sehingga terbentuk kembali radikal bebas pada mencit. Data uji MDA menjadi berkolerasi dan telah sinkron dengan data yang didapatkan pada uji ESR melalui perhitungan amplitudo kuadrat kurva resonansi. Ditunjukkan bahwa pada dosis ketiga (AO3), dosis keempat (AO4) dan dosis kelima (AO5) menjadi overdosis. Hal ini tentu akan menyebabkan sel darah mencit kembali rusak.

#### **4.7 Efek Dosis Antioksidan Dengan Konstanta Dielektrik Sel Darah Mencit**

Setiap bahan memiliki sifat kelistrikan yang khas dengan besaran yang dipengaruhi oleh kondisi internal bahan tersebut seperti komposisi kimia, kandungan air, kadar keasaman dan konstanta dielektrik (Xia dkk. 2009). Konstanta dielektrik merupakan suatu sifat listrik dari bahan yang secara mikroskopik terkait dengan mobilitas listrik atau penyeragaman arah dipol listriknya akibat gangguan listrik eksternal (Meissner dan Wentz 2004). Konstanta dielektrik dalam penelitian ini juga dapat menggambarkan kemampuan suatu sel yang diibaratkan sebagai



kapasitor yang dapat menyimpan muatan listrik, semakin sehat suatu sel, maka kemampuannya untuk menyimpan muatan listrik menjadi lebih besar, sehingga konstanta dielektriknya semakin besar. Dari hasil penelitian didapatkan grafik hubungan nilai konstanta dielektrik terhadap pemberian dosis antioksidan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.9.



**Gambar 4.9** Grafik hubungan dosis antioksidan dan konstanta dielektrik.

Dari grafik pada Gambar 4.9 dapat diberikan analisa bahwa pada perlakuan kontrol nilai konstanta dielektriknya paling tinggi, lalu pada perlakuan paparan *airfreshener* tanpa antioksidan menghasilkan nilai konstanta dielektrik yang paling rendah, kemudian nilai konstanta dielektrik mengalami perubahan apabila pada perlakuan paparan *airfreshener* mulai diberikan antioksidan. Pada dosis pertama (AO1) dan dosis kedua (AO2) nilai konstanta dielektrik mengalami peningkatan. Namun pada pemberian dosis ketiga (AO3), dosis keempat (AO4) dan dosis kelima (AO5), nilai konstanta dielektrik justru terjadi penurunan.

Hal ini menunjukkan bahwa pada perlakuan kontrol kondisi sel mencit yang sehat masih dalam jumlah banyak dan momen dipol serta derajat kepolaran dari organ masih sangat tinggi. Berbeda jika perlakuan mencit yang hanya mendapat paparan *airfreshener* tanpa antioksidan, jumlah sel sehat dalam jaringan sangat sedikit dan momen dipol serta kepolarannya menjadi rendah. Terjadinya

kenaikan nilai konstanta dielektrik pada sel darah mencit menunjukkan bahwa jumlah sel yang rusak menurun setelah diberikan antioksidan. Artinya jika semakin banyak kerusakan sel yang dapat dicegah dengan menggunakan antioksidan maka momen dipol dan derajat kepolarannya juga kembali naik.

Pada pengujian konstanta dielektrik juga didapatkan data yang secara langsung berkorelasi dan mendukung pada pengujian sebelumnya, dapat dilihat bahwa pada pemberian antioksidan dosis ketiga (AO3), dosis keempat (AO4) dan dosis kelima (AO5), nilai konstanta dielektrik justru terjadi penurunan. Hal ini dapat menjadi penguat bahwa dosis antioksidan yang berlebihan pada akhirnya akan menjadi oksidan sebagai racun yang dapat merusak sel, antioksidan dapat yang sebelumnya mampu menekan dan menyembuhkan kandungan radikal bebas di dalam tubuh, namun karena terlalu banyak akhirnya tubuh tidak bisa menerimanya sebagai obat kembali. Menurut teori Maxwell-Wagner membran dapat dianalogikan sebagai sebuah kapasitor terhadap rangkaian listrik. Jika semakin banyak kerusakan sel yang diakibatkan oleh radikal bebas maka nilai kapasitansi sel akan menurun, hal ini dapat terjadi karena intensitas antioksidan sebagai agen penetralisir terlalu banyak, sehingga terjadi ketidakseimbangan di dalam tubuh, ketidakseimbangan ini memicu terjadinya radikal bebas baru di dalam tubuh.

Pemberian dosis antioksidan yang tepat dan optimal pada mencit akan mencegah maupun mengurangi kerusakan sel dalam tubuh, sehingga hal ini dapat mencegah penurunan derajat kepolaran dalam sel, karena momen dipol kembali naik. Akhirnya adalah nilai konstanta dielektrik pada sel mencit akan mengalami kenaikan. Hal ini dapat ditunjukkan melalui hubungan antar nilai suseptibilitas dengan nilai konstanta dielektrik yang ditunjukkan oleh persamaan

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon' A}{d} \quad (4.1)$$

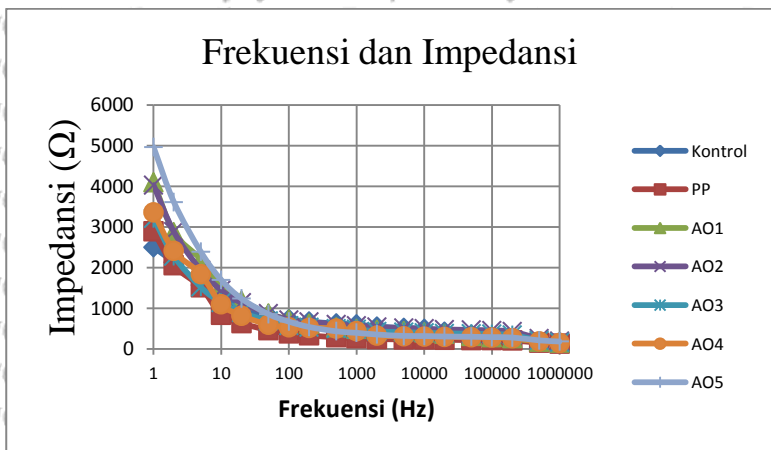
dimana  $\epsilon' = 1 + \chi_e \cdot \chi_e$  adalah nilai suseptibilitas yang nilainya dipengaruhi oleh jumlah atom atau jumlah molekul yang terlihat dalam polarisasi dan nilai momen dipol (Kim, Jahan, dan Kabir 2012). Maka dapat disimpulkan bahwa pemberian dosis yang tepat dan optimal terjadi pada dosis kedua (AO2), hal ini sesuai dan mendukung pengujian yang sebelumnya.

#### 4.8 Efek Dosis Antioksidan dengan Nilai Impedansi Sel Darah Mencit

Impedansi listrik ( $Z$ ) didefinisikan sebagai kuantitas dari bilangan kompleks dalam komponen resistif ( $R$ ) dan komponen kapasitif ( $C$ ) sebagai bentuk

$$|Z| = \sqrt{(Z')^2 + (Z'')^2} \quad (4.2)$$

yang nilainya  $Z'' = [\omega C(\omega)]^{-1}$  dan  $Z' = R$ , dimana nilainya merupakan komponen real saja jika  $\omega = 0$  dan  $Z = Z'$  (Kyle dkk. 2004). Nilai ini hanya akan untuk bahan yang memiliki sifat resistif murni. Karena bahan yang memiliki sifat resistif murni impedansi tidak memiliki ketergantungan terhadap frekuensi atau dikenal sebagai *frequency-independent* (G. Sun dkk. 2005). Dimana sampel yang diuji pada penelitian ini adalah bahan biologis, maka nilai  $Z'$  yang ada akan menjadi sebuah fungsi variabel frekuensi ( $Z'(\omega) = R(\omega)$ ) dengan holistik yang menghubungkan antara nyata dan imajiner (S. S. Sun dkk. 2018). Besaran  $Z''$  pada sampel sel darah tidak mungkin mencapai nilai nol untuk seluruh frekuensi, tetapi akan memiliki variasi frekuensi yang ditunjukkan pada Gambar 4.10.



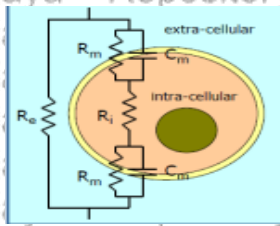
**Gambar 4.10** Grafik yang menggambarkan korelasi antara impedansi dan frekuensi sel darah.

Pada Gambar 4.10 frekuensi impedansi pada frekuensi yang kecil yaitu frekuensi 1 Hz hingga 100 Hz, masih belum mampu menunjukkan korelasi antara dosis antioksidan dengan impedansi, hal ini terjadi karena sampel masih mendapat pengaruh dari kapasitansi alat. Sel darah mencit yang diuji memiliki sifat sangat resistif, dengan nilai komponen reaktansi kapasitif di dalam organ yang besar, membuat arus yang bisa melewati komponen kapasitor menjadi kecil. Hal ini membuat arus hanya mampu mengalir pada komponen resistornya saja. Sehingga hal ini mengakibatkan adanya pengelompokan daerah jangkauan frekuensi yang dikenal sebagai *frequency - dependent dispersion regions*, yaitu adanya pengelompokan daerah pada frekuensi tertentu, dimana daerah frekuensi yang disebut sebagai daerah  *$\alpha$ -dispersion* merupakan daerah yang memiliki frekuensi rendah, dalam daerah ini ditandai sebagai relaksasi dari dipol non-permanen yang terbentuk dalam aliran ion di permukaan sel atau molekul yang besar. Kemudian yang kedua adalah daerah  *$\beta$ -dispersion* yang terjadi pada frekuensi pertengahan, dimana relaksasi pada daerah ini bergantung pada jenis bahan dan fenomena dari efek Maxwell-Wagner. Selanjutnya yang ketiga adalah merupakan daerah  *$\gamma$ -dispersion* yang terdapat pada daerah yang memiliki frekuensi tinggi yang memiliki ketergantungan pada relaksasi dipol permanen dari molekul kecil seperti air (Kyle dkk. 2004).

Pada Gambar 4.10 dapat memberikan analisa bahwa semakin besar frekuensi yang diberikan maka nilai impedansinya akan semakin turun, hal ini dapat terjadi karena membran sel memiliki sifat seperti kapasitor, membran sel tersusun atas molekul-molekul lipida yang berlapis ganda (*bilayer lipids*) serta terbagi menjadi dua bagian yaitu hidrofilik dan hidrofobik. Sehingga membran sel berfungsi juga sebagai konduktor untuk memberikan batas antara cairan diluar dan di dalam sel yang terdiri dari ion dan garam. Adanya sifat membran sel yang seperti kapasitor, maka rangkaian ekuivalen yang menggambarkan sel dalam



jaringan memiliki nilai R dan C seperti yang ditampilkan dalam Gambar 4.11.

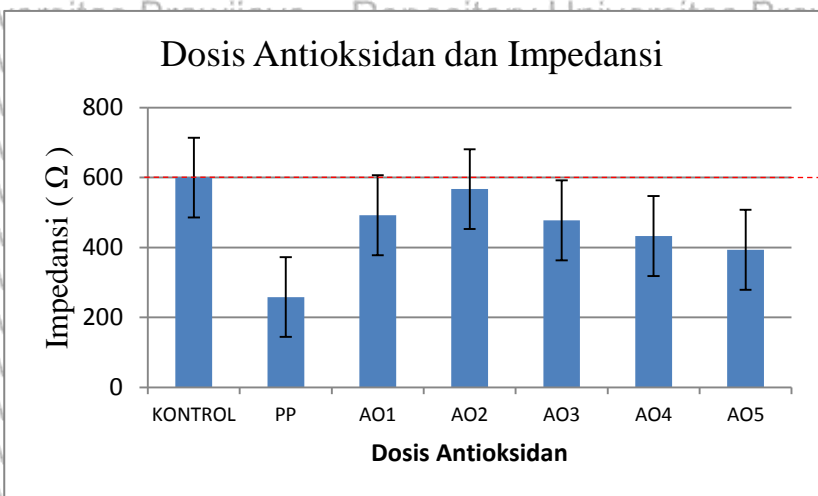


**Gambar 4.11** Rangkaian ekivalen sel elemen Maxwell-Wagner.

Gambar diatas merupakan permodelan suatu sel terhadap kombinasi dari parallel  $C_m$  dan  $R_m$  seperti pada elemen Maxwell-Wagner. Dimana nilai  $C_m$  merupakan kapasitansi dari membran lapisan ganda, lalu nilai  $R_i$  merupakan resistansi di dalam sel, kemudian nilai  $R_e$  adalah resistansi di luar sel, dan  $R_m$  adalah resistansi membran. Model tersebut dituliskan melalui persamaan Maxwell-Wagner sebagai berikut.

$$Z(\omega) = \frac{1}{G + i\omega C} \quad (4.3)$$

dimana variabel  $G$  merupakan nilai dari konduktansi membran dengan  $G=1/R$  dan  $C$  merupakan nilai kapasitansi pada frekuensi  $\omega$ . Penurunan nilai impedansi secara drastis. Namun pada frekuensi 100 Hz hingga 10 KHz penurunan nilai impedansi mulai melambat dan cenderung stabil. Hal ini disebabkan karena pada rentang frekuensi 100 Hz hingga 10 KHz nilai komponen kapasitansi organ menjadi kecil hingga dapat diabaikan, sehingga nilai impedansi listrik yang



terukur hanya dipengaruhi oleh resistansi sampel, tanpa dipengaruhi oleh alat. Adapun pada nilai frekuensi diatas 100 Khz maka alat sudah tidak mampu membaca, sehingga tidak bisa menghasilkan nilai yang cukup akurat untuk memberikan kesimpulan korelasi. Oleh karena itu korelasi antara dosis antioksidan dengan impedansi dapat ditunjukkan pada Gambar 4.12.

**Gambar 4.12** Grafik hubungan dosis antioksidan dan impedansi.

Pada Gambar 4.12 dapat dilihat bahwa perlakuan dosis kontrol memiliki nilai impedansi yang lebih tinggi, hal ini diakibatkan karena jumlah sel sehat di dalam tubuh masih banyak, dan normal. Pada perlakuan pemaparan *airfreshener* saja, nilai impedansi dari sel darah mencit mengalami penurunan yang sangat drastis. Kemudian pada pemberian dosis ke-1 (AO1) dan dosis ke-2 (AO2) nilainya kembali naik dan pada dosis ke-3 (AO3), ke-4 (AO4), dan ke-5 (AO5), nilai impedansi mengalami penurunan. Pola yang demikian memiliki pola yang sama terhadap pengujian yang dilakukan pada uji sebelumnya, hal ini menjadi penguat bahwa uji impedansi memiliki korelasi yang baik terhadap pengujian sebelumnya.

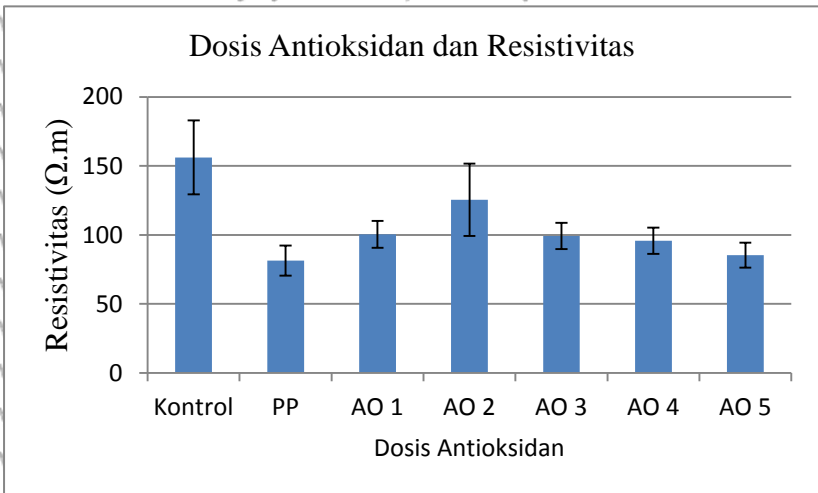
Data pada grafik menunjukkan analisa bahwa pada pemberian *airfreshener* terjadi kerusakan sel darah mencit yang ditandai dengan rendahnya nilai impedansi, hal ini terjadi karena kerusakan membran membuat cairan intra sel dan cairan ekstra sel bocor dan bercampur sehingga jaringan bersifat konduktif dan nilai impedansinya rendah. Impedansi listrik juga menyatakan adanya hambatan total yang terjadi didalam sel darah mencit yang dapat menyebabkan muatan listrik didalam sampel terhambat untuk bergerak ketika diberi medan listrik eksternal.

Kemudian setelah diberikan antioksidan terjadi perubahan nilai yang menjadi lebih sehat pada dosis ke-1 dan ke-2 hal menjadi penguat bahwa antioksidan jambu biji, pare, brokoli, dan bawang merah yang diberikan mampu membuat sel darah menjadi lebih sehat, pada dosis ke-2 merupakan dosis optimal untuk memberikan nilai impedansi yang lebih tinggi, namun masih belum mampu memberikan kesehatan yang 100% karena belum bisa menyamai nilai impedansi yang terdapat pada kontrol. Pada dosis ke-3 sampai ke-5 didapatkan nilai impedansi yang kembali turun, hal ini disebabkan karena dosis antioksidan sudah berubah menjadi oksidan atau racun, sehingga kerusakan sel darah mencit kembali bertambah,

hal ini tentu menjadi penguat pada uji MDA dan ESR pada pengujian sebelumnya.

#### 4.9 Efek Dosis Antioksidan Dengan Resistivitas Sel Darah Mencit

Resistivitas dapat didefinisikan sebagai kemampuan suatu bahan untuk melawan atau menghambat aliran listrik yang dilaluinya (Kyle dkk. 2004). Nilai resistivitas suatu bahan mampu dijadikan sebagai salah satu variabel yang dapat menganalisa karakteristik kelistrikan dari bahan tersebut (Kyle dkk. 2004). Pada penelitian ini didapatkan grafik korelasi antara pemberian dosis antioksidan terhadap nilai resistivitas sel darah mencit seperti ditunjukkan oleh Gambar 4.13.



**Gambar 4.13** Grafik hubungan resistivitas terhadap dosis antioksidan.

Pada Gambar 4.13 dapat dilihat bahwa perlakuan dosis kontrol memiliki nilai resistivitas yang paling besar, hal ini diakibatkan karena jumlah sel sehat di dalam tubuh masih banyak, dan sel darah masih bersifat sangat resistif. Pada perlakuan pemaparan *airfreshener* saja, nilai resistivitas dari sel darah mencit mengalami penurunan yang sangat drastis. Kemudian pada pemberian dosis ke-1 (AO1) dan dosis ke-2 (AO2) nilainya kembali meningkat dan pada dosis ke-3 (AO3), ke-4 (AO4), dan ke-5 (AO5), nilai resistivitas mengalami penurunan kembali. Pola yang demikian memiliki pola

yang sama terhadap pengujian yang dilakukan pada uji sebelumnya, hal ini menjadi penguat bahwa uji resistivitas memiliki korelasi terhadap pengujian sebelumnya.

Data pada Gambar 4.14 menunjukkan analisa bahwa pada pemberian *airfreshener* terjadi kerusakan sel darah menciit yang ditandai dengan rendahnya nilai resistivitas, hal ini terjadi karena kerusakan membran membuat cairan intra sel dan cairan ekstra sel bocor dan bercampur sehingga jaringan bersifat konduktif dan nilai resistivitasnya rendah (Jiang dan Yablonovitch 2018). Resistivitas listrik juga menyatakan adanya hambatan total yang terjadi didalam sel darah menciit yang dapat menyebabkan muatan listrik didalam sampel terhambat untuk bergerak ketika diberi medan listrik eksternal. Sehingga pada menciit yang mendapat paparan *airfreshener* saja bersifat sangat konduktif atau resistivitasnya rendah (Ahmad 2012).

Kemudian setelah diberikan antioksidan terjadi perubahan nilai yang menjadi lebih sehat pada dosis ke-1 dan ke-2 hal menjadi penguat bahwa antioksidan jambu biji, pare, brokoli, dan bawang merah yang diberikan mampu membuat sel darah menjadi lebih sehat, pada dosis ke-2 merupakan dosis optimal untuk memberikan nilai resistivitas yang lebih tinggi, namun masih belum mampu memberikan kesehatan yang 100% karena belum bisa menyamai nilai resistivitas yang terdapat pada kontrol. Pada dosis ke-3 sampai ke-5 didapatkan nilai resistivitas yang kembali turun, hal ini disebabkan karena dosis antioksidan sudah berubah menjadi oksidan atau racun, sehingga kerusakan sel darah menciit kembali bertambah, hal ini tentu menjadi penguat pada uji MDA dan ESR pada pengujian sebelumnya.



## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa pemberian antioksidan dengan campuran ekstrak jambu biji, pare, brokoli, dan bawang merah, dengan dosis yang tepat dan optimal mampu memberikan efek yang dapat menekan kandungan radikal bebas di dalam tubuh, serta menurunkan angka kerusakan sel darah di dalam tubuh yang terpapar *airfreshener*, sehingga secara tidak langsung membuat tubuh menjadi lebih sehat. Efek daripada antioksidan masih belum mampu memberikan kesembuhan 100 % kembali seperti layaknya mencit yang normal, namun efeknya mampu memberikan dampak yang signifikan untuk membuat sel darah menjadi lebih sehat.

Dosis antioksidan dari campuran ekstrak jambu biji, pare, brokoli, dan bawang merah yang berlebihan sampai overdosis akan berubah menjadi oksidan atau racun, dan menjadi penyebab munculnya kembali radikal bebas di dalam tubuh. Sehingga sel darah menjadi rusak kembali.

### **5.2 Saran**

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memberikan pencegahan dan pengurangan sel darah mencit yang rusak dengan menggunakan variabel yang berbeda, seperti antioksidan yang alami dengan racikan sendiri bukan dengan ekstrak, dan pengharum ruangan yang tidak bersifat semprot.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A., Apriandi, A. 2011. *Aktivitas Antioksidan Dan Komponen Bioaktif Keong Ipong-Ipong (Fasciolaria Salmo)*. (46) : 18-26
- Adamson Lb, Bakeman R, Deckner Df, Romski Ma. *Joint Engagement And The Emergence Of Language In Young Children With Autism And Down Syndrome*. Journal Of Autism And Developmental Disorders, 2008;39:84–96.
- Adawiah, A., Sukandar, D., Muawanah, A., 2015. *Aktivitas Antioksidan Dan Kandungan Komponen Bioaktif Sari Buah Namnam*. J. Kim. Val. 130–136. <https://doi.org/10.15408/jkv.v0i0.3155>
- Agabiti-Rosei, E., Mancia, G., O’rourke, M.F., Roman, M.J., Safar, M.E., Smulyan, H., Wang, J.-G., Wilkinson, I.B., Williams, B., Vlachopoulos, C., 2007. *Central Blood Pressure Measurements And Antihypertensive Therapy: A Consensus Document*. Hypertension 50, 154–160.
- Ahmad, Zulkifli. 2012. “*Polymeric Dielectric Materials*.” : 3–26.
- Ainun, M., Suyati, L., 2018. *Bioelectricity Of Various Carbon Sources On Series Circuit From Microbial Fuel Cell System Using Lactobacillus Plantarum*. J. Kim. Sains Dan Apl. 21, 70. <https://doi.org/10.14710/jksa.21.2.70-74>
- Aji, M.P. 2016. *Pengaruh Kuat Arus Listrik Dc Pada Selenoid Terhadap Kecepatan Linear Sel Biologis*. Vol 1: (2). 59-63
- Akbar B. 2010. *Tumbuhan Dengan Kandungan Senyawa Aktif Yang Berpotensi Sebagai Bahan Antifertilitas*. Jakarta : Adabia Press Pp 6-7
- Alamanda, I.E., 2007. *The Use Of Hematology Method And Blood Endoparasite Observation For Determining Catfish (Clarias Gariepinus) Health In Fishery Mangkubumen, Boyolali*. Biodiversitas J. Biol. Divers. 8, 34–38.
- Anugrah. 2019. *Perbedaan Pengaruh Komponen Biomotor Ditinjau Dari Golongan Darah Atlet Bola Voli SMA Negeri 26 Kab.Bone*. Makassar: Vol 1: (2). 12-15

- Apriandi, A. 2011. “*Aktifitas Antioksidan Dan Komponen Bioaktif Keong Ipong-Ipong (Fasciolaria Salmo)*”. Institut Pertanian. Bogor.
- Beall, M., Ge, L., Kim, S., Klaas, O., Poon, A., 2017. *Electromagnetic Modeling Of Human Body Using High Performance Computing*. Phys. Procedia 90, 107–114.
- Bouayed, Jaouad, And Torsten Bohn. 2010. “Exogenous Antioxidants—Double-Edged Swords In Cellular Redox State: Health Beneficial Effects At Physiologic Doses Versus Deleterious Effects At High Doses.” *Oxidative Medicine And Cellular Longevity* 3(4): 228–237.
- Caress, S.M. & Steinemann, A.C. *Prevalence Of Fragrance Sensitivity In The American Population. J Environ Health*, 2009; 71 (7): 46-50.
- Carocho, Márcio, And Isabel C.F.R. Ferreira. 2013. “A Review On Antioxidants, Prooxidants And Related Controversy: Natural And Synthetic Compounds, Screening And Analysis Methodologies And Future Perspectives.” *Food And Chemical Toxicology* 51(1): 15–25.
- Chandra, Budiman. 2006. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Egc. Jakarta
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. 2007. *Research Methods In Education (6th Ed.)*. London, New York: Routledge Falmer
- Darmono, S. 2008. *Depresi Pengaruhi Kualitas Hidup Lansia*. [Http://Medicastore.Com/Indek.Php?Mod=Seminar&D=66](http://Medicastore.Com/Indek.Php?Mod=Seminar&D=66). 12 Oktober 2010
- Del Rio, D., Stewart, A. J., & Pellegrini, N. 2005. “A Review Of Recent Studies On Malondialdehyde As Toxic Molecule And Biological Marker Of Oxidative Stress.” *Nutrition, Metabolism And Cardiovascular Diseases* 15(4): 316–328.
- Dhaliwal, J.S., Singh, H., 2015. *Free Radicals And Anti-Oxidants In Health And Disease* 2, 3.
- E. E. Martin, H. D. Scher, *Earth Planet. Sci. Lett.* 220, 25. (2006).
- Fish, R.M., Geddes, L.A. 2009. *Conduction Of Electrical Current To And Through The Human Body: A Review* 9, 15.

- Fitria, R.I.N.K Retno Triandhini, Jubhar C. Mangimbulude, Ferry F. Karwur. 2013. *Merokok Dan Oksidasi DNA. Jpurnal Sains Medika. Vol 5 (2) :113-120.*
- Frenske, K. & D. Mirsa. 2000. *Dielectric Materials At Microwave Frequencies.* Appl. Microw. Wireless. 12:92-100.
- Gerson, Febian. 2003. *Electron Spin Resonance Spectroscopy Of Organic Radicals.* Usa: 2003 Wiley-Vch Verlag Gmbh & Co. Kgaaua
- Ghanizadeh, A. Et Al. 2012. “Glutathione-Related Factors And Oxidative Stress In Autism, A Review.” *Journal Of Current Medicinal Chemistry* 19(23): 4000–4005.
- Ghozaly, M.R., Safitri, E.B., 2005. *Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak N-Heksan, Etil Asetat Dan Metanol Dari Varietas Umbi Wortel (Daucus Carota L.) Dengan Metode Dpph (1,1-Difenil-2-Pikrilhidrazil)* 19(24) : 101-134
- Hamid, A A Et Al. 2010. “Antioxidants : Its Medicinal And Pharmacological Applications.” *African Journal Of Pure And Applied Chemostry* 4(8):142–151.
- Hani, R.C., Milanda, T. 2007. *Review: Manfaat Antioksidan Pada Tanaman Buah Di Indonesia* 14, 7.
- Hanke, W., Jansson, B., Komulainen, H., Ladefoged, O., Mangelsdorf, I., Steenhout, A., Et Al. *Opinion On Risk Assesment On Indoor Air Quality.* 2007.
- Haryani, A., 2015. *Pengaruh Paparan Pengharum Ruangan Cair Dan Gel Terhadap Gambaran Histologi Pulmo Pada Tikus Putih (Rattus Norvegicus)* 15, 7.
- Hasanah, Z., 2018. *Pengaruh Kadar Timbal Dalam Darah Terhadap Jumlah Trombosit PadaIibu Hamil DiI daerah Pantai KabupatenIbrebes.* J. Kesehat. Masy. 6, 6.
- Hasanan, F. 2018. *Hubungan Kadar Homoglobin Dengan Daya Tahan Kardiovaskuler Pada Atlet Atletik Fik Universitas Negeri Makassar* 16.
- Hidayat, S., Yunus, F., Susanto, A.D., 2012. *Pengaruh Polusi Udara Dalam Ruangan Terhadap Paru* 39, 7.



- Higashi, Y, K Noma, M Yoshizumi, And Y Kihara. 2009. "Endothelial Function And Oxidative Stress In Cardiovascular Diseases." *Circ J* 73(March): 411–418.
- Hobbs, Catherine Et Al. 2008. "Xenon And Hypothermia Combine Additively, Offering Long-Term Functional And Histopathologic Neuroprotection After Neonatal Hypoxia/Ischemia." *Journal Of Disease* 39(4): 1307–1313
- Hrapkiewicz, K., And Medina, L. 2007, *Clinical Laboratory Animal Medicine*. Jakarta : Gramedi A
- Hw, Jiang. 2018. "Gate-Controlled Electron Spin Resonance In A Gaas/Algaas Heterostructure" *Journal Of Electrical Engineering*: 1–4.
- Isnaeni, Wiwi, *Fisiologi Hewan*, Yogyakarta: Kanisius, 2006
- Jati, Hafiiz Ashshiddiqi Prabowo., Lelono, Danang, 2013. *Deteksi Dan Monitoring Polusi Udara Berbasis Array Sensor Gas*. Indonesian Journal Of Electronics And Instrumentation Systems Vol. 3 No. 2 Hal. 147-156. Issn : 2088-3714.
- Juansah, J., Cheriastiyana, N., Dahlan, K., 2012. *Sifat Listrik Membran Selulosa Asetat - Titanium Dioksida*. 8 (1) : 9-15
- Kastiyowati, I. 2001. *Dampak Dan Upaya Penanggulangan Pencemaran Udara*. Jakarta: Puslitbang Tek Balitbang Dephan.
- Khalaf, Nooman A Et Al. 2008. "Antioxidant Activity Of Some Common Plants." 32: 51–55.
- Kumar, R. (2011) *Research Methodology: A Step-By-Step Guide For Beginners*. 3rd Edition. Sage, New Delhi.
- Kusumadewi, Sri.(2002). *Analisis & Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Tool Box Matlab*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Kyle, Ursula G Et Al. 2004. "Bioelectrical Impedance Analysis F Part I: Review Of Principles And Methods." : *Journal Of Biophysics* 1226–1243.
- Liu, H., Jin, F., Liang, F., Tian, X., Wang, Y., 2011. The Cki1/Kar3 Motor Complex Is Required For The Proper Kinetochore–Microtubule Interaction After Stressful Dna Replication.

Genetics 187, 397–407.  
<https://doi.org/10.1534/genetics.110.125468>

Liu, H., Jin, F., Liang, F., Tian, X., Wang, Y., 2011. *The Ckl1/Kar3 Motor Complex Is Required For The Proper Kinetochore–Microtubule Interaction After Stressful Dna Replication.* *Genetics* 187, 397–407.  
<https://doi.org/10.1534/genetics.110.125468>

Lushchak, Volodymyr I. 2014. “Chemico-Biological Interactions Free Radicals , Reactive Oxygen Species , Oxidative Stress and Its Classification.” *Journal of Biology* 224: 164–175.

Madene, Atmane., Muriel Jacquot, Joel Scher Dan Stephane Desorby. 2006. *Flavour Encapsulation And Controlled Release-A Review.* *International Journal Of Food Science And Technology*, 41:1-21.

Meissner, Thomas, And Frank J Wentz. 2004. “*The Complex Dielectric Constant Of Pure And Sea Water From Microwave Satellite Observations.*” 42(9): 1836–1849.

Mozes A. (2014). *Pengolahan Rumput Laut (Euचेuma Sp) Menjadi Produk Pengharum Ruangan Aromaterapi.* Balai Riset Dan Standarisasi Industri Ambon. 10 : 31-36.

Muchtadi, T.R Dan Sugiyono. 2013. *Prinsip Proses Dan Teknologi Pangan.* Alfabeta : Bandung.

Muhammad, K., Noor, Z., 2013. *Pengaruh Pendedahan Pengharum Ruangan Gel Dan Spray Terhadap Diameter Tubulus Seminiferus Dan Konsentrasi Sperma Pada Tikus (Rattus Norvegicus)* 13, 9.

Nadesul, Handrawan, 2006. *Sehat Itu Murah.* Jakarta Pt. Kompas Media Nusantara. Nasional (Bappenas)

Nazaroff, W.W., Weschler, C.J., 2004. *Cleaning Products And Air Fresheners: Exposure To Primary And Secondary Air Pollutants.* *Amos. Environ.* 38, 2841–2865.  
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2004.02.040>

Noor, Zulkhah. 2015. “Comparison Effect Of Gel And Spray Air Freshener Exposure On Diameter Of Seminiferous Tubules And Concentration Sperm Of White Rats (*Rattus*

*Norvegicus*.” *Sciences Journal* 2(1): 500–503.

Nurfitriah, A. (2013). *Formulasi Gel Pengharum Ruangan Menggunakan Karagenan Dan Glukomanan Dengan Pewangi Minyak Jeruk Purut Dan Kenanga*. Skripsi. Jurusan Agroindustri. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Halaman 2, 10-11

Pham-Huy La, He H, Pham-Huy C. *Free Radicals, Antioxidants In Disease And Health*. *Int J Biomed Sci*. 2008 Jun;4(2):89-96.

Poerwadi, R. 2006. *Aromaterapi Sahabat Calon Ibu*. Jakarta: Dian Rakyat.

Putri, Nurul Indriasari. 2015. *Pengaruh Paparan Gelombang Elektromagnetik Terhadap Kadar Kolesterol Total dan Trigliserida Serum*. J. Kedokteran. Vol 4 (7).

Redha, A. 2010. *Flavonoid: Struktur, Sifat Antioksidatif Dan Peranannya Dalam Sistem Biologis* 7: 1-8.

Reynertson, K. A., 2007. *Phytochemical Analysis Of Bioactive Constituents From Edible Myrtaceae Fruit*, Dissertation, The City University Of New York, New York.

Roman, Kand. 2002. “*Highly Specific , Simple And Rapid Method For The Determination Of Malondialdehyde In Blood Using High-Performance Liquid Chromatography*.” 40(10): 1032–1035.

Rusmiati, A Lestari. 2004. *Struktur Histologis Organ Hepar Dan Ren Mencit (Mus Musculus L) Jantan Setelah Perlakuan Dengan Ekstrak Kayu Secang (Caesalpinia Sappan L)*. Vol 1. No 1. Hlm 23-30.

Sanderson, Matt A, C Alan Rotz, Stanley W Fultz, And Edward B Rayburn. 2001. “*Estimating Forage Mass With A Commercial Capacitance Meter, Rising Plate Meter And Pasture Ruler*” *Journal Of Physics* 93(6): 1281–1286.

Santoso, S., Rachmawati, B., Retnoningrum, D., 2018. *Perbedaan Jumlah Leukosit, Neutrofil Dan Limfosit Absolut Pada Penderita Dm Tipe 2 Terkontrol Dan Tidak Terkontrol* Vol 7, 2.

Sarma, A.D., Mallick, A.R., Ghosh, A.K., 2010. *Free Radicals And Their Role In Different Clinical Conditions: An Overview*. Vol.1(3), 185-192.

Schellinck Hm, David Pc, Richard Eb. 2010. *Advances In The Study Of Behavior*. Burlington: Academic Press. September 7, 2015

Schellinck, H., 2018. *Measuring Olfactory Processes In Mus Musculus*. Behav. Processes 155, 19–25. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2017.08.009>

Sen, Saikat. 2010. “Free Radicals , Antioxidants , Diseases And Phytomedicines : Current Status And Future Prospect Nitrogen Species.” 3(1): 91–100.

Setiawan, A., Suryani, E., , W., 2016. *Segmentasi Citra Sel Darah Merah Berdasarkan Morfologi Sel Untuk Mendeteksi Anemia Defisiensi Besi*. J. Teknol. Inf. Itsmart 3, 01.

Siagian Sondang P., 2002. *Kiat Meningkatkan Produktivitas Kerja*, Cetakan Pertama, Pt. Rineka Cipta, Jakarta.

Siedlinski, Mateusz Et Al. 2008. “Lung Function Loss, Smoking, Vitamin C Intake, And Polymorphisms Of The Glutamate-Cysteine Ligase Genes.” American Journal Of Respiratory And Critical Care Medicine 178(1): 13–19.

Sinurat. 2009. *Pengaruh Campuran Semi Refined Carrageenan (Src) Dan Locust Bean Gum (Lbg) Terhadap Sifat Fisik Dan Sensori Gel Pengaruh Ruangan*. Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan. 4 (1). 13-20.

Steinemann A, Walsh N. *Environmental Laws And Exposure Analysis*. In: Ott W, Steinemann A, Wallace L, Editors. Exposure Analysis. Boca Raton: Crc Press; 2011.

Steinemann, A., 2017. *Ten Questions Concerning Air Fresheners And Indoor Built Environments*. Build. Environ. 111, 279–284. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.009>

Sun, Guang Et Al. 2005. “Comparison Of Multifrequency Bioelectrical Impedance Analysis With Dual-Energy X-Ray Absorptiometry For Assessment Of Percentage Body Fat ” (10): 74–78.

Sun, Shumei S Et Al. 2018. “Development Of Bioelectrical



*Impedance Analysis Prediction Equations For Body Composition With The Use Of A Multicomponent Model For Use In Epidemiologic Surveys 1–4.*

- Sunarni, T., 2005. *Aktivitas Antioksidan Penangkap Radikal Bebas Beberapa Kecambah Dari Biji Tanaman Familia Papilionaceae*. Jurnal Farmasi Indonesia, 2(2), 53-61.
- Suryani, E., Wiharto, W., Wahyudiani, K.N., 2016. *Identifikasi Anemia Thalasemia Beta Mayor Berdasarkan Morfologi Sel Darah Merah*. Sci. J. Inform. 2, 15–27.
- Sutedjo, Ay. 2006. *Mengenal Penyakit Melalui Pemeriksaan Laboratorium*. Yogyakarta: Amara Books.
- Swenberg, James A. Et AL. 2013. “Formaldehyde Carcinogenicity Research: 30 Years And Counting For Mode Of Action, Epidemiology, And Cancer Risk Assessment.” *Journal Of Toxicologic Pathology* 41(2): 181–189.
- Wahyono, poncojari. 2008. *Efek Ekstrak Buah Tomat (Lycopersicum Pyriforme) Terhadap Ekspresi Kolagen Tipe 1, Mmp-1 Dan Mmp-3 Pada Penuaan Kulit*. J. Kedokteran Brawijaya. Vol 57 (3) :
- Wiyanto, “Elektromagnetika”, Yogyakarta : Graha Ilmu, 2008.
- Winarsi. 2007. *Antioksidan Alami Dan Radikal Bebas*. Yogyakarta: Kanisius. Hal. 189-90
- World Health Organisation. *Indoor Air Pollution And Health*. 2005. Diakses Tanggal 10 Maret 2011 Dari [zHttp://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/en/](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/en/)
- Wu, J.-F. & Z.-Q. Zhang. 1993. *Host Feeding, Damage And Control Of The Mushroom Pest, Brennandania Lambi (Acari: Pygmephoroida) In China*. Experimental & Applied Acarology 17: 233–240.
- Xia, Jilin, Fang Chen, Jinghong Li, And Nongjian Tao. 2009. “Measurement Of The Quantum Capacitance Of Graphene.” *Journal Of Nature Nanotechnology* 4(8): 505–509.

# LAMPIRAN

## Lampiran 1. Alat dan Bahan



Pengharum ruangan



Antioksidan ekstrak  
(bawang merah, jambu biji,  
pare, dan brokoli)



Mencit



Timbangan digital



Kapasitansi meter



Sampel organ



Alat bedah



Kandang mencit



Tabung durham



Akrilik



Chamber



Probe (Plat sejajar)



Seperangkat alat ESR



Tabung sampel



LCR meter



**Lampiran 2.** Tabel Klasifikasi Radikal Bebas

No	Jenis Radikal Bebas	Nilai Faktor g
1	$O$	1,501
2	$O_2^-$	1,501-1,75
3	$Fe^{2+}$	1,77
4	$MnO_2$	1,8367
5	$FeS$	1,86
6	Hidroperoksida	1,9896
7	$CO_2^-$	1,996
8	Cu	1,997
9	$SO_4^-$	1,9976
10	Hidroksil	2,00047
11	$CO_2$	2,0007
12	Alkoksi	2,0016
13	Helium	2,002
14	Metanol	2,00205
15	Alkil	2,00206
16	Free Radicals	2,00232
17	Hydrogen	2,00232
18	Metil	2,00255
19	DPPH	2,0036
20	$SO_3^-$	2,0037
21	Etil	2,0044
22	C	2,00505
23	Peroksi	2,0155
24	$O_2$	2,0356
25	CuOx	2,098
26	$CuGeO_3$	2,154
27	$YBa_2Cu_3O_7$	2,24
28	Cu-HA	2,289
29	Hg	4



**Lampiran 3. Tabel Tabulasi Berbagai Antioksidan**

Zat Kandungan	Belimbing Wuluh	Daun sirsak	Air Kelapa	Mengkudu
Vitamin C*	✓	✓	✓	✓
Vitamin E*				
Vitamin A*	✓			✓
Vitamin B	✓		✓	
Kalsium	✓	✓	✓	✓
Protein	✓	✓	✓	✓
Karbohidrat	✓	✓	✓	✓
Mineral			✓	
As. Folat			✓	
Natrium			✓	✓
Kalori	✓	✓	✓	✓
Lemak	✓	✓	✓	✓
Zat Besi	✓	✓	✓	✓
Kalium			✓	✓
Serat	✓	✓	✓	✓
Natrium				✓
Betakaroten*				
Betacryptoxanthin				
Zae Xanthin*				
Lutein*				
Flavanoid*	✓	✓	✓	✓
Selenium*				
Likopen*				
Tembaga*				
Cryptoxanthin*				
Karotenoid*				
Seng*				
Karoten				
Viola xanthin*				
Fosfor	✓	✓		
Zat Kandungan	<b>Pepaya</b>	<b>Apel</b>	<b>Jambu biji</b>	<b>Belimbing</b>
Vitamin C*	✓	✓	✓	✓

Vitamin E*	✓	✓	✓	✓
Vitamin A*	✓	✓	✓	✓
Vitamin B		✓		
Kalsium	✓	✓	✓	✓
Protein	✓	✓	✓	✓
Karbohidrat	✓	✓	✓	✓
Mineral	✓	✓	✓	✓
As. Folat	✓	✓	✓	
Natrium	✓	✓	✓	✓
Kalori	✓	✓	✓	✓
Lemak	✓	✓	✓	✓
Zat Besi	✓	✓	✓	✓
Kalium	✓	✓	✓	✓
Serat	✓	✓	✓	✓
Natrium	✓	✓	✓	✓
Betakaroten*	✓	✓	✓	✓
Betacryptoxanthin	✓	✓	✓	✓
Zae Xanthin*	✓	✓	✓	
Lutein*	✓	✓	✓	✓
Flavanoid*	✓	✓	✓	✓
Selenium*	✓	✓		
Likopen*			✓	
Tembaga*	✓	✓	✓	✓
Cryptoxanthin*	✓		✓	✓
Karotenoid*	✓			✓
Seng*	✓	✓	✓	✓
Karoten				✓
Viola xanthin*		✓		
Fosfor	✓	✓	✓	✓

Zat Kandungan	Delima	Manggis	Buah Naga	Bawang Merah
Vitamin C*	✓	✓	✓	✓
Vitamin E*				✓
Vitamin A*				✓
Vitamin B	✓	✓	✓	✓
Kalsium	✓	✓	✓	
Protein	✓	✓	✓	✓
Karbohidrat	✓	✓	✓	✓
Mineral	✓	✓	✓	✓
As. Folat	✓		✓	
Natrium		✓		✓
Kalori	✓	✓		✓
Lemak	✓	✓	✓	✓
Zat Besi	✓	✓	✓	✓
Kalium	✓			✓
Serat	✓	✓	✓	✓
Natrium				✓
Betakaroten*	✓	✓	✓	✓
Betacryptoxanthin	✓	✓		✓
Zae Xanthin*		✓	✓	
Lutein*	✓	✓	✓	✓
Flavanoid*	✓	✓	✓	✓
Selenium*	✓			✓
Likopen*	✓		✓	
Tembaga*	✓	✓		✓
Cryptoxanthin*		✓	✓	
Karotenoid*	✓	✓	✓	✓
Seng*	✓			✓
Karoten	✓	✓	✓	
Viola xanthin*			✓	
Fosfor	✓	✓	✓	✓

Zat Kandungan	Cabai	Pisang	Sawi	Buah Pir
Vitamin C*	✓	✓	✓	✓
Vitamin E*	✓	✓	✓	✓
Vitamin A*	✓	✓	✓	✓
Vitamin B	✓	✓	✓	✓
Kalsium		✓	✓	✓
Protein		✓	✓	✓
Karbohidrat		✓	✓	✓
Mineral	✓	✓		
As. Folat	✓	✓	✓	✓
Natrium				
Kalori		✓	✓	✓
Lemak		✓	✓	✓
Zat Besi		✓	✓	✓
Kalium	✓	✓	✓	✓
Serat		✓	✓	✓
Natrium				
Betakaroten*		✓	✓	✓
Betacrytoxanthin				✓
Zae Xanthin*	✓		✓	✓
Lutein*	✓		✓	✓
Flavanoid*	✓		✓	✓
Selenium*		✓	✓	✓
Likopen*				
Tembaga*	✓	✓		✓
Cryptoxanthin*	✓			✓
Karotenoid*				✓
Seng*		✓	✓	✓
Karoten	✓	✓	✓	✓
Viola xanthin*				
Fosfor		✓	✓	✓



Zat Kandungan	Jahe	Kacang hijau	kurma	Terong Ungu
Vitamin C*	✓	✓	✓	✓
Vitamin E*	✓	✓	✓	✓
Vitamin A*	✓		✓	✓
Vitamin B	✓	✓	✓	✓
Kalsium	✓	✓	✓	✓
Protein	✓	✓	✓	✓
Karbohidrat	✓	✓		✓
Mineral	✓	✓	✓	✓
As. Folat		✓		✓
Natrium				
Kalori	✓			✓
Lemak	✓	✓		✓
Zat Besi	✓	✓	✓	
Kalium	✓		✓	
Serat	✓	✓		✓
Natrium	✓	✓	✓	
Betakaroten*		✓	✓	✓
Betacryptoxanthin				
Zae Xanthin*		✓	✓	
Lutein*			✓	✓
Flavanoid*	✓	✓	✓	✓
Selenium*		✓	✓	✓
Likopen*				
Tembaga*	✓	✓	✓	✓
Cryptoxanthin*			✓	
Karotenoid*		✓		
Seng*	✓	✓	✓	✓
Karoten			✓	
Viola xanthin*				
Fosfor		✓	✓	✓

Zat Kandungan	Pare	Ketela	Temulawak	Brokoli
Vitamin C*	✓	✓	✓	✓
Vitamin E*	✓	✓	✓	✓
Vitamin A*	✓	✓	✓	✓
Vitamin B	✓	✓	✓	✓
Kalsium	✓	✓	✓	✓
Protein	✓	✓	✓	✓
Karbohidrat	✓	✓	✓	✓
Mineral	✓	✓	✓	✓
As. Folat	✓	✓	✓	✓
Natrium	✓	✓	✓	✓
Kalori	✓	✓	✓	✓
Lemak	✓	✓	✓	✓
Zat Besi	✓	✓	✓	✓
Kalium	✓	✓	✓	✓
Serat	✓	✓	✓	✓
Natrium	✓	✓	✓	✓
Betakaroten*	✓	✓	✓	✓
Betacytoxanthin	✓	✓	✓	✓
Zae Xanthin*	✓	✓	✓	✓
Lutein*	✓	✓	✓	✓
Flavanoid*	✓	✓	✓	✓
Selenium*	✓	✓	✓	✓
Likopen*	✓	✓	✓	✓
Tembaga*	✓	✓	✓	✓
Cryptoxanthin*	✓	✓	✓	✓
Karotenoid*	✓	✓	✓	✓
Seng*	✓	✓	✓	✓
Karoten	✓	✓	✓	✓
Viola xanthin*	✓	✓	✓	✓
Fosfor	✓	✓	✓	✓

#### Lampiran 4. Perhitungan massa airfreshener

Hari ke-	Massa Semprotan (gram)
1	2,2
2	2,4
3	2,3
4	2
5	2,1
6	2,2
7	2,2
8	2,2
9	2,3
10	2,1
11	2
12	2,2
13	2,1
14	2,2
15	2
16	2
17	2,2
18	2,2
19	2,1
20	2,3
21	2,2
Rata-rata	2,2
Std. Deviasi	0,1

### Lampiran 5. Perhitungan Konsentrasi Airfreshener

#### a) Volume chamber.

Pengukuran ke-	$\rho$ (cm)	$l$ (cm)	$t$ (cm)
1	19.5	19.5	15
2	19.3	19.4	15.1
3	19.4	19.5	15
4	19.5	19.4	14.9
5	19.5	19.5	15
Rata-rata	19.4	19.5	15
St. Deviasi	0.04	0.02	0.03

	Rumus	Nilai (cm) <sup>3</sup>
Volume udara rata-rata	$\bar{\rho} \times \bar{l} \times \bar{t}$	5674.5
St. Deviasi	$\sqrt{(\bar{\rho} \times \delta \rho)^2 + (\bar{l} \times \delta l)^2 + (\bar{t} \times \delta t)^2}$	14

#### b) Massa Udara

	Rumus	Nilai (gr/cm <sup>3</sup> )
$\rho$ udara	$m/v$	0.0012
Massa udara rata-rata	$\rho \text{ udara} \times \text{vol. chamber}$	7.2
deviasi massa udara	$\rho \text{ udara} \times \delta \text{ vol. chamber}$	0.018

#### c) Konsentrasi *airfreshener*

Jumlah semprotan	Massa Semprotan (gram)	Konsentrasi (PPM)
9	2.2	293917.2



## Lampiran 6. Data Hasil Penelitian

### a) Dosis antioksidan dan resistivitas

SAMPEL	Resistansi ( R )	Luas Penampang ( A )	Panjang ( L )	Resistivitas ( ρ )	Konduktivitas ( σ )
Mencit 1	37780	0,000007065	0,0020	133,4579	0,0075
Mencit 2	39380	0,000007065	0,0020	139,1099	0,0072
Mencit 3	44840	0,000007065	0,0020	158,3973	0,0063
Mencit 4	42100	0,000007065	0,0020	148,7183	0,0067
Mencit 5	56940	0,000007065	0,0020	201,1406	0,0050
			Mean	156,1648	0,0065
			Standar Deviasi	26,8781	0,0010

PP					
SAMPEL	Resistansi ( R )	Luas Penampang ( A )	Panjang ( L )	Resistivitas ( ρ )	Konduktivitas ( σ )
Mencit 1	21560	0,000007065	0,0020	76,1607	0,0131
Mencit 2	21380	0,000007065	0,0020	75,5249	0,0132
Mencit 3	23340	0,000007065	0,0020	82,4486	0,0121
Mencit 4	20560	0,000007065	0,0020	72,6282	0,0138
Mencit 5	28220	0,000007065	0,0020	99,6872	0,0100
			Mean	81,2899	0,0125
			Standar Deviasi	10,8900	0,0015

AO 1					
SAMPEL	Resistansi ( R )	Luas Penampang ( A )	Panjang ( L )	Resistivitas ( ρ )	Konduktivitas ( σ )
Mencit 1	28540	0,000007065	0,0020	100,8176	0,0099
Mencit 2	25120	0,000007065	0,0020	88,7364	0,0113
Mencit 3	26180	0,000007065	0,0020	92,4809	0,0108
Mencit 4	30880	0,000007065	0,0020	109,0836	0,0092
Mencit 5	31300	0,000007065	0,0020	110,5673	0,0090
			Mean	100,3371	0,0100
			Standar Deviasi	9,7171	0,0010

AO 2					
SAMPEL	Resistansi ( R )	Luas Penampang ( A )	Panjang ( L )	Resistivitas ( $\rho$ )	Konduktivitas ( $\sigma$ )
Mencit 1	37600	0,000007065	0,0020	132,8220	0,0075
Mencit 2	31800	0,000007065	0,0020	112,3335	0,0089
Mencit 3	41700	0,000007065	0,0020	147,3053	0,0068
Mencit 4	32320	0,000007065	0,0020	114,1704	0,0088
Mencit 5	34120	0,000007065	0,0020	120,5289	0,0083
			Mean	125,4320	0,0081
			Standar Deviasi	14,6243	0,0009

AO 3					
SAMPEL	Resistansi ( R )	Luas Penampang ( A )	Panjang ( L )	Resistivitas ( $\rho$ )	Konduktivitas ( $\sigma$ )
Mencit 1	27000	0,000007065	0,0020	95,3775	0,0105
Mencit 2	25120	0,000007065	0,0020	88,7364	0,0113
Mencit 3	26180	0,000007065	0,0020	92,4809	0,0108
Mencit 4	30880	0,000007065	0,0020	109,0836	0,0092
Mencit 5	31300	0,000007065	0,0020	110,5673	0,0090
			Mean	99,2491	0,0102
			Standar Deviasi	9,9515	0,0010

AO 4					
SAMPEL	Resistansi ( R )	Luas Penampang ( A )	Panjang ( L )	Resistivitas ( $\rho$ )	Konduktivitas ( $\sigma$ )
Mencit 1	22500	0,000007065	0,0020	79,4813	0,0126
Mencit 2	26680	0,000007065	0,0020	94,2471	0,0106
Mencit 3	17720	0,000007065	0,0020	62,5959	0,0160
Mencit 4	34540	0,000007065	0,0020	122,0126	0,0082
Mencit 5	34120	0,000007065	0,0020	120,5289	0,0083
			Mean	95,7731	0,0111
			Standar Deviasi	25,8352	0,0033

AO 5					
------	--	--	--	--	--

SAMPEL	Resistansi ( R )	Luas Penampang ( A )	Panjang ( L )	Resistivitas ( $\rho$ )	Konduktivitas ( $\sigma$ )
Mencit 1	23880	0,000007065	0,0020	84,3561	0,0119
Mencit 2	21800	0,000007065	0,0020	77,0085	0,0130
Mencit 3	21620	0,000007065	0,0020	76,3727	0,0131
Mencit 4	20120	0,000007065	0,0020	71,0739	0,0141
Mencit 5	33460	0,000007065	0,0020	118,1975	0,0085
			Mean	85,4017	0,0121
			Standar Deviasi	18,9335	0,0022

b) Dosis antioksidan dan kadar MDA

Kontrol		
Sampel	ABS	Kadar (ng/mL)
Mencit 1	0,154	132,500
Mencit 2	0,12	75,833
Mencit 3	0,126	85,833
Mencit 4	0,205	217,500
Mencit 5	0,136	102,500
<b>MEAN</b>		<b>122,833</b>
<b>Standar Deviasi</b>		<b>57,111</b>
PP		
Sampel	ABS	Kadar (ng/mL)
Mencit 1	0,327	420,833
Mencit 2	0,313	397,500
Mencit 3	0,317	404,167
Mencit 4	0,311	394,167
Mencit 5	0,321	410,833
<b>MEAN</b>		<b>405,500</b>
<b>Standar Deviasi</b>		<b>10,698</b>
AO 1		
Sampel	ABS	Kadar (ng/mL)
Mencit 1	0,234	265,833

Mencit 2	0,285	350,833
Mencit 3	0,209	224,167
Mencit 4	0,298	372,500
Mencit 5	0,208	222,500
<b>MEAN</b>		<b>287,167</b>
<b>Standar Deviasi</b>		<b>70,606</b>
<b>AO 2</b>		
<b>Sampel</b>	<b>ABS</b>	<b>Kadar (ng/mL)</b>
Mencit 1	0,204	215,833
Mencit 2	0,191	194,167
Mencit 3	0,175	167,500
Mencit 4	0,186	185,833
Mencit 5	0,197	204,167
<b>MEAN</b>		<b>193,500</b>
<b>Standar Deviasi</b>		<b>18,356</b>
<b>AO 3</b>		
<b>Sampel</b>	<b>ABS</b>	<b>Kadar (ng/mL)</b>
Mencit 1	0,25	292,500
Mencit 2	0,225	250,833
Mencit 3	0,222	245,833
Mencit 4	0,216	235,833
Mencit 5	0,226	252,500
<b>MEAN</b>		<b>255,500</b>
<b>Standar Deviasi</b>		<b>21,679</b>
<b>AO 4</b>		
<b>Sampel</b>	<b>ABS</b>	<b>Kadar (ng/mL)</b>
Mencit 1	0,316	402,500
Mencit 2	0,3	375,833
Mencit 3	0,292	362,500
Mencit 4	0,297	370,833
Mencit 5	0,314	399,167



<b>MEAN</b>		<b>382,167</b>
<b>Standar Deviasi</b>		<b>17,733</b>
<b>AO 5</b>		
<b>Sampel</b>	<b>ABS</b>	<b>Kadar (ng/mL)</b>
Mencit 1	0,335	434,167
Mencit 2	0,3	375,833
Mencit 3	0,276	335,833
Mencit 4	0,304	382,500
Mencit 5	0,342	445,833
<b>MEAN</b>		<b>394,833</b>
<b>Standar Deviasi</b>		<b>45,117</b>

c) Dosis antioksidan dan konstanta dielektrik

KONTROL					
SAMP EL	Kapasitansi	Permittivitas Udara	Jarak Keping	Luas Penampang	Konstanta Dielektrik
Mencit 1	3,69E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	1,18E+08
Mencit 2	4,82E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	1,54E+08
Mencit 3	4,35E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	1,39E+08
Mencit 4	5,15E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	1,65E+08
Mencit 5	3,63E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	1,16E+08
<b>MEAN</b>					1,38E+08
<b>Standar Deviasi</b>					2,15E+07

PP					
SAMP EL	Kapasitansi	Permittivitas Udara	Jarak Keping	Luas Penampang	Konstanta Dielektrik
Mencit 1	1,16E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	3,70E+07
Mencit 2	1,39E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	4,45E+07
Mencit 3	1,40E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	4,47E+07
Mencit 4	1,36E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	4,36E+07

4					
Mencit					
5	1,42E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	4,54E+07
				MEAN	4,30E+07
				Standar Deviasi	3,41E+06

AO 1					
SAMP EL	Kapasitansi	Permittivitas Udara	Jarak Keping	Luas Penampang	Konstanta Dielektrik
Mencit 1	1,06E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	3,40E+07
Mencit 2	3,66E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	1,17E+08
Mencit 3	3,52E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	1,13E+08
Mencit 4	3,24E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	1,04E+08
Mencit 5	3,34E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	1,07E+08
				MEAN	9,48E+07
				Standar Deviasi	3,44E+07

AO 2					
SAMP EL	Kapasitansi	Permittivitas Udara	Jarak Keping	Luas Penampang	Konstanta Dielektrik
Mencit 1	3,57E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	1,14E+08
Mencit 2	3,30E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	1,06E+08
Mencit 3	3,69E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	1,18E+08
Mencit 4	3,97E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	1,27E+08
Mencit 5	3,22E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	1,03E+08
				MEAN	1,13E+08
				Standar Deviasi	9,67E+06

AO 3					
SAMP EL	Kapasitansi	Permittivitas Udara	Jarak Keping	Luas Penampang	Konstanta Dielektrik

Mencit 1	1,83E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	5,85E+07
Mencit 2	1,42E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	4,55E+07
Mencit 3	1,91E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	6,11E+07
Mencit 4	2,83E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	9,04E+07
Mencit 5	2,10E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	6,72E+07
MEAN					6,45E+07
Standar Deviasi					1,65E+07

AO 4					
SAMP EL	Kapasitansi	Permittivitas Udara	Jarak Keping	Luas Penampang	Konstanta Dielektrik
Mencit 1	1,90E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	6,07E+07
Mencit 2	1,57E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	5,01E+07
Mencit 3	1,76E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	5,64E+07
Mencit 4	1,78E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	5,71E+07
Mencit 5	2,22E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	7,09E+07
MEAN					5,90E+07
Standar Deviasi					7,65E+06

AO 5					
SAMP EL	Kapasitansi	Permittivitas Udara	Jarak Keping	Luas Penampang	Konstanta Dielektrik
Mencit 1	1,41E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	4,52E+07
Mencit 2	1,09E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	3,49E+07
Mencit 3	1,84E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	5,89E+07
Mencit 4	2,03E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	6,50E+07

Mencit 5	1,17E-06	8,85E-12	0,002	0,000007065	3,73E+07
MEAN					4,83E+07
Standar Deviasi					1,32E+07

d) Dosis antioksidan dan impedansi

f (Hz)	IMPEDANSI						
	KONTROL	PP	AO1	AO2	AO3	AO4	AO5
1	2500,8	2889,3	4098,2	4028,8	3206,9	3358,9	4964,6
2	2126,2	2055,6	2865,7	2880,3	2277,3	2408,4	3610,8
5	1571,8	1515,6	2201,2	1932,8	1518,5	1834,5	2387,8
10	1264,9	837,2	1526,8	1443,2	1133,4	1097	1696,6
20	1007,2	628,2	1180,5	1131,3	892,1	815,2	1233,5
50	816,8	458,3	869,5	866,3	686	592,4	852,7
100	725,7	374,61	719	712,11	567,1	527,49	669,4
200	670,17	328,29	614,6	665,76	529,16	516,29	536,62
500	620,86	283,57	530,45	599,18	495,43	499,25	430,81
1000	599,82	258,36	492,16	566,95	477,58	432,55	393,25
2000	546,35	239,35	461,54	536,61	429,31	324,78	351,64
5000	510,32	232,59	430,29	512,12	410,22	310,17	317,35
10000	491,23	227,7	399,72	494,35	396,48	301,29	314,47
20000	421,39	221,72	371,09	475,98	381,09	291,25	302,82
50000	348,37	214,48	318,26	465,28	371,39	281,54	296,45
100000	300,8	209,46	287,85	451,49	361,29	273,72	287,44
200000	257,67	205,23	256,53	425,04	341,5	261,89	278,41
500000	159,82	149,37	176,39	253,92	207,54	181,42	208
1000000	155,4	127,83	147,53	188,32	156,77	146,02	180,13

e) Dosis antioksidan dan amplitudo kuadrat kurva resonansi

MENCIT 01					
No	Jenis	Arus (I)	Frekuensi (Hz)	Medan Magnet (T)	Nilai Faktor g
1	Kontrol	0,199	18600000	0,000842027	1,5780
2	PP	0,199	18500000	0,000842027	1,5695



3	AO1	0,200	18800000	0,000846259	1,5870
4	AO2	0,199	19000000	0,000842027	1,6119
5	AO3	0,199	18400000	0,000842027	1,5610
6	AO4	0,199	19000000	0,000842027	1,6119
7	AO5	0,199	18900000	0,000842027	1,6034

#### MENCIT 02

No	Jenis	Arus (I)	Frekuensi (Hz)	Medan Magnet (T)	Nilai Faktor g
1	Kontrol	0,199	18500000	0,000842027	1,5695
2	PP	0,199	18300000	0,000842027	1,5525
3	AO1	0,200	18900000	0,000846259	1,5954
4	AO2	0,199	18900000	0,000842027	1,6034
5	AO3	0,199	18400000	0,000842027	1,5610
6	AO4	0,199	19000000	0,000842027	1,6119
7	AO5	0,199	18600000	0,000842027	1,5780

#### MENCIT 03

No	Jenis	Arus (I)	Frekuensi (Hz)	Medan Magnet (T)	Nilai Faktor g
1	Kontrol	0,199	18500000	0,000842027	1,5695
2	PP	0,199	18300000	0,000842027	1,5525
3	AO1	0,200	19200000	0,000846259	1,6207
4	AO2	0,199	18700000	0,000842027	1,5865
5	AO3	0,199	18400000	0,000842027	1,5610
6	AO4	0,199	19100000	0,000842027	1,6204
7	AO5	0,199	18700000	0,000842027	1,5865

#### MENCIT 04

No	Jenis	Arus (I)	Frekuensi (Hz)	Medan Magnet (T)	Nilai Faktor g
1	Kontrol	0,199	18500000	0,000842027	1,5695
2	PP	0,199	18400000	0,000842027	1,5610

3	AO1	0,199	19100000	0,000842027	1,6204
4	AO2	0,199	18500000	0,000842027	1,5695
5	AO3	0,199	18600000	0,000842027	1,5780
6	AO4	0,199	18700000	0,000842027	1,5865
7	AO5	0,199	18600000	0,000842027	1,5780

MENCIT 05					
No	Jenis	Arus (I)	Frekuensi (Hz)	Medan Magnet (T)	Nilai Faktor g
1	Kontrol	0,199	18400000	0,000842027	1,5610
2	PP	0,199	18500000	0,000842027	1,5695
3	AO1	0,199	19100000	0,000842027	1,6204
4	AO2	0,199	18700000	0,000842027	1,5865
5	AO3	0,199	18400000	0,000842027	1,5610
6	AO4	0,199	18900000	0,000842027	1,6034
7	AO5	0,199	18700000	0,000842027	1,5865

KONTROL		
SAMPEL	Tinggi Cekungan ( mm )	Luasan ( mm <sup>2</sup> )
Mencit 1	0	
Mencit 2	0	
Mencit 3	0	
Mencit 4	0	
Mencit 5	0	
<b>Mean</b>		
<b>Standar Deviasi</b>		

PP		
SAMPEL	Tinggi Cekungan ( mm )	Luasan ( mm <sup>2</sup> )
Mencit 1	20,346	413,959716
Mencit 2	19,285	371,911225
Mencit 3	20,294	411,846436

Mencit 4		
Mencit 5		
	<b>Mean</b>	399,2391257
	<b>Standar Deviasi</b>	23,69023225

<b>AO 1</b>		
<b>SAMPEL</b>	<b>Tinggi Cekungan ( mm )</b>	<b>Luasan ( mm<sup>2</sup> )</b>
Mencit 1	18,431	339,701761
Mencit 2	17,908	320,696464
Mencit 3	18,25	333,0625
Mencit 5	18,592	345,662464
Mencit 4		
	<b>Mean</b>	334,7807973
	<b>Standar Deviasi</b>	10,7074358

<b>AO 2</b>		
<b>SAMPEL</b>	<b>Tinggi Cekungan ( mm )</b>	<b>Luasan ( mm<sup>2</sup> )</b>
Mencit 1		
Mencit 2	11,57	133,8649
Mencit 3	11,055	122,213025
Mencit 5	11,41	130,1881
Mencit 4		
	<b>Mean</b>	128,7553417
	<b>Standar Deviasi</b>	4,863547751

<b>AO 3</b>		
<b>SAMPEL</b>	<b>Tinggi Cekungan ( mm )</b>	<b>Luasan ( mm<sup>2</sup> )</b>
Mencit 1	16,338	266,930244
Mencit 2	16,064	258,052096
Mencit 3	14,755	217,710025
Mencit 4	15,416	237,653056
Mencit 5	15,276	233,356176
	<b>Mean</b>	242,7403194
	<b>Standar Deviasi</b>	19,74880369

<b>AO 4</b>		
-------------	--	--

<b>SAMPEL</b>	<b>Tinggi Cekungan ( mm )</b>	<b>Luasan ( mm<sup>2</sup> )</b>
Mencit 1		
Mencit 2	15,552	241,864704
Mencit 3	17,793	316,590849
Mencit 4	16,399	268,927201
Mencit 5		
<b>Mean</b>		275,7942513
<b>Standar Deviasi</b>		37,83340418

<b>AO 5</b>		
<b>SAMPEL</b>	<b>Tinggi Cekungan ( mm )</b>	<b>Luasan ( mm<sup>2</sup> )</b>
Mencit 1		
Mencit 3		
Mencit 2	17,056	290,907136
Mencit 4	17,833	318,015889
Mencit 5	17,36	301,3696
<b>Mean</b>		303,430875
<b>Standar Deviasi</b>		13,67142141



Lampiran 7. Lembar Kelainan Etik



KOMISI ETIK PENELITIAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

KETERANGAN KELAIKAN ETIK  
"ETHICAL CLEARENCE"

No: 1043-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 : PENGARUH PEMBERIAN ANTIOKSIDAN ( JAMBU  
BIJI, PARE, BROKOLI, DAN BAWANG MERAH)  
TERHADAP KELISTRIKAN DAN JUMLAH RADIKAL  
BEBAS ORGAN GINJAL MENCIT YANG TERPAPAR  
PENGHARUM RUANGAN

PENELITI : MUHAMMAD FAISAL

UNIT/LEMBAGA/TEMPAT : UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DINYATAKAN : LAIK ETIK

Malang, 2 November 2018

Ketua Komisi Etik Penelitian  
Universitas Brawijaya



Prof. Dr. drh. Aulanni'am, DES.

NIP. 19600903 198802 2 001

NB : Nama yang tertera pada sertifikat ini merupakan anggota peneliti

Nama	NIM
Cica yulinar	155090301111033
Barajiwa A.S	155090301111034
Hafidz Assad	155090307111020
Anggita Suryaning T.F	155090307111008

## Lampiran 8. Sertifikat Bebas Plagiasi

19 0713 S

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
PASCASARJANA

**SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI**  
Nomor: 2713/UN10.F40/PN/2019  
Sertifikat ini diberikan kepada:

Nama : Hafidz Assad  
NIM : 155090307111020  
Program Studi : Program Studi Fisika  
Fakultas : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas : Universitas Brawijaya

Dengan Judul Skripsi  
**Pengaruh Pemberian Antioksidan terhadap Sifat Kelistrikan dan Keberadaan Radikal Bebas pada Sel Darah Mencit yang Terpapar Airfresher**  
Telah dideteksi tingkat plagiasinya secara online pada tanggal 5 November 2019  
dan dinyatakan bebas plagiasi dengan kriteria toleransi  $\leq 5\%$ .

Malang, 6 November 2019  
Ketua Badan Penerbitan Jurnal

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

plagiarism-detector  
Cutting-edge case tool for plagiarism detection and prevention

plagiarism-detector  
Cutting-edge case tool for plagiarism detection and prevention