

**PENGARUH LAMA PAPARAN SINAR ULTRAVIOLET DETEKTOR  
UANG TERHADAP KADAR ERITROSIT  
Studi eksperimental pada tikus putih jantan galur wistar**

**Karya Tulis Ilmiah**

Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan  
Untuk Mencapai Gelar Sarjana Kedokteran



Oleh :

**Bahtiar**

**01.205.4950**

**FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG**

**2011**

**KARYA TULIS ILMIAH**

**PENGARUH LAMA PAPARAN SINAR ULTRAVIOLET DETEKTOR  
UANG TERHADAP ERITROSIT**

**Studi eksperimental pada tikus putih jantan galur wistar**

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

**Bahtiar**

**01.205.4950**

telah dipertahankan didepan Dewan Penguji  
pada tanggal 22 September 2011  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

Pembimbing I

Anggota Tim Penguji

  
**Drs. Purwito Soegeng P., M.Kes**

  
**dr. M. Soffan**

Pembimbing II

  
**dr.HM. Agus Suprijono, M.Kes**

  
**dr. Hj. Qathrunnada Djam'an, M.Si. Med**

**Semarang, September 2011**

**Fakultas Kedokteran**

**Universitas Islam Sultan Agung**

**Dekan,**

  
**Dr. dr. H. Taufiq R. Nasihun, M.Kes, Sp. And.**

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Bahtiar

Nim : 01. 205. 4950

Dengan ini menyatakan bahwa Karya Tulis Ilmiah yang berjudul :

**“ PENGARUH LAMA PAPAN SINAR ULTRAVIOLET DETEKTOR  
UANG TERHADAP KADAR ERITROSIT”**

Studi Eksperimental Pada Tikus Putih Jantan Galur Wistar

Adalah benar hasil karya saya dan penuh kesadaran bahwa saya tidak melakukan tindakan plagiasi atau mengambil alih seluruh atau sebagian besar karya tulis orang lain tanpa menyebutkan sumbernya. Jika saya terbukti melakukan tindakan plagiasi, saya bersedia menerima sanksi dengan aturan yang berlaku.

Semarang, 27 September 2011

METERAI  
TEMPEL  
PAKAIAN BERGAMBAR BUNGA  
1688/2011/7295764  
ENAM RIBU  
6000  
D.P.



Bahtiar

## **PRAKATA**

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah ini.

Karya tulis ilmiah yang berjudul “Pengaruh Lama Paparan Sinar Ultraviolet Detektor Uang Terhadap Kadar Eritrosit pada tikus Putih Jantan Galur Wistar” disusun untuk memenuhi persyaratan dalam mencapai gelar sarjana kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Selesainya penyusunan karya tulis ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. dr. H. Taufiq R. Nasihun, M. Kes, Sp. And, selaku dekan Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah mengijinkan penyusunan karya tulis ilmiah ini.
2. Drs. H. Purwito Soegeng, M.Kes, selaku dosen pembimbing I dan dr.HM. Agus Suprijono, M.Kes, selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing dan menempa dengan segenap ilmu, waktu dan tenaga dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini.
3. dr. M. Soffan, selaku dosen penguji I dan dr. Qathrunnada Djam'an, M.Kes selaku dosen penguji II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan kritik dan saran agar karya tulis ilmiah ini dapat menjadi lebih baik.

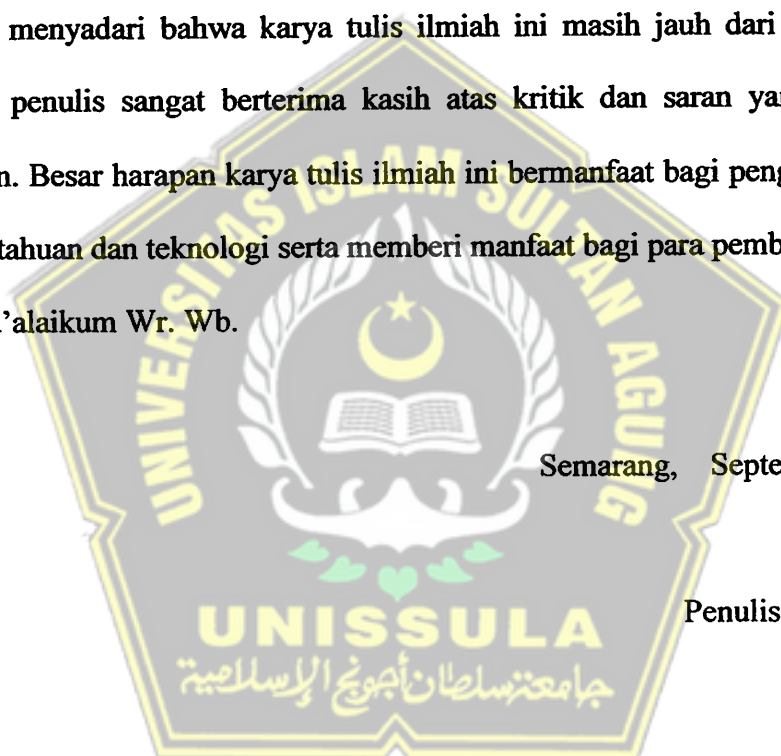
4. Ayahandaku Gerisman Ahmad dan ibuku Rosnah., serta adik-adikku (Rasidawati dan Ahmad Kabirullah) yang selalu memberikan dorongan, restu, nasehat, doa serta semangat hingga selesainya karya tulis ilmiah ini.
5. Semua teman – teman di fakultas kedokteran dan pihak – pihak yang belum tertulis di atas, yang telah membantu hingga terselesaikannya karya tulis ilmiah ini.

Penulis menyadari bahwa karya tulis ilmiah ini masih jauh dari sempurna. Karena itu penulis sangat berterima kasih atas kritik dan saran yang bersifat membangun. Besar harapan karya tulis ilmiah ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta memberi manfaat bagi para pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, September 2011

Penulis



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
SURAT PERNYATAAN .....	iii
PRAKATA .....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN .....	x
INTISARI .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Eritrosit (Sel Darah Merah) .....	5
2.1.1 Definisi.....	5
2.1.2 Pembentukan dan Perkembangan Eritrosit.....	5
2.1.3 Struktur dan Fungsi Eritrosit.....	6
2.1.4 Konsentrasi Eritrosit di Dalam Darah.....	7
2.1.5 Faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah eritrosit...	7
2.2 Sinar Ultraviolet.....	8
2.2.1 Definisi.....	8

2.2.2	Radiasi Sinar Ultraviolet.....	9
2.2.3	Manfaat Sinar Ultraviolet .....	11
2.2.4	Dampak Sinar Ultraviolet .....	12
2.2.5	Radikal bebas sinar ultraviolet.....	14
2.2.6	Sinar ultraviolet detektor uang.....	23
2.3	Hewan coba (Tikus putih galur wistar / <i>rattus norvegicus strain wistar</i> ).....	23
2.4	Mekanisme pengaruh paparan sinar ultraviolet detektor uang terhadap kadar eritrosit.....	24
2.5	Kerangka Teori .....	26
2.6	Kerangka Konsep.....	27
2.7	Hipotesis .....	27
<b>BAB III</b>	<b>METODE PENELITIAN</b>	
3.1	Jenis Penelitian dan Rancangan Penelitian.....	28
3.2	Variabel dan Definisi Operasional.....	28
3.3	Populasi dan Sampel.....	29
3.4	Instrumen dan Bahan Penelitian .....	30
3.5	Cara Penelitian.....	31
3.6	Tempat dan Waktu.....	33
3.7	Alur Penelitian .....	34
3.8	Analisis Hasil.....	35

<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1	Hasil Penelitian .....	36
4.2	Pembahasan .....	41
<b>BAB V</b>	<b>SIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1	Simpulan .....	43
5.2	Saran .....	44
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		





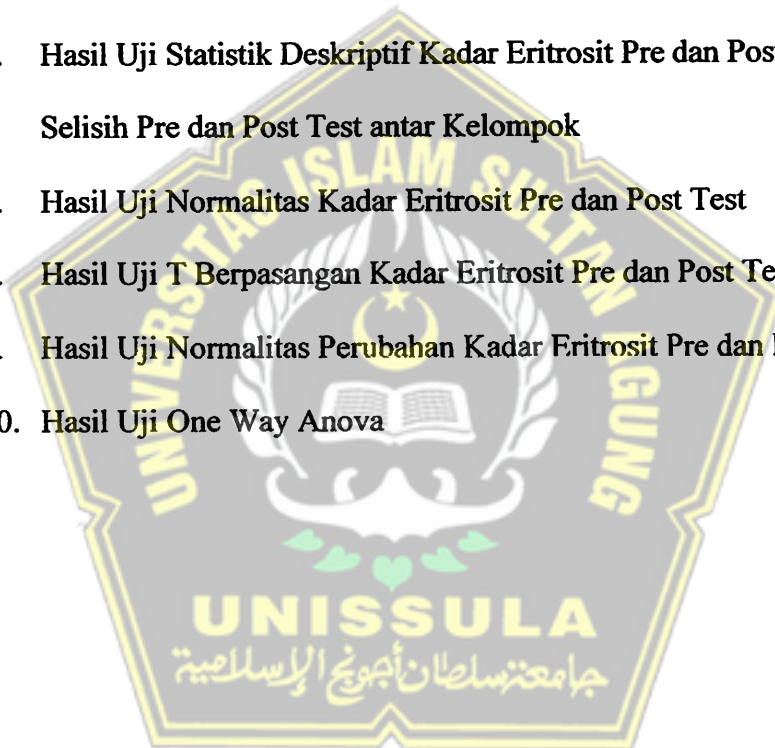
## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Rerata kadar eritrosit pre dan post test kelompok (juta mm <sup>3</sup> ) .....	36
Tabel 4.2. Hasil uji normalitas kadar eritrosit <i>pre</i> dan <i>post test</i> .....	38
Tabel 4.3. Hasil uji homogenitas varian kadar eritrosit <i>pre</i> dan <i>post test</i> .....	38
Tabel 4.4. Hasil uji t berpasangan .....	38
Tabel 4.5. Hasil uji <i>post hoc tukey</i> .....	40



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Surat Keterangan penelitian dari UNNES
- Lampiran 2. Eritrosit ( $\text{mm}^3$ ) pada berbagai kelompok perlakuan (Pre Test)
- Lampiran 3. Eritrosit ( $\text{mm}^3$ ) pada berbagai kelompok perlakuan (Post Test)
- Lampiran 4. Foto – foto penelitian
- Lampiran 5. Foto-foto pemeriksaan darah tikus di laboratorium
- Lampiran 6. Hasil Uji Statistik Deskriptif Kadar Eritrosit Pre dan Post Test, dan Selisih Pre dan Post Test antar Kelompok
- Lampiran 7. Hasil Uji Normalitas Kadar Eritrosit Pre dan Post Test
- Lampiran 8. Hasil Uji T Berpasangan Kadar Eritrosit Pre dan Post Test
- Lampiran 9. Hasil Uji Normalitas Perubahan Kadar Eritrosit Pre dan Post Test
- Lampiran 10. Hasil Uji One Way Anova



## INTISARI

Sinar ultraviolet dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang, seperti: disinfektan, teknik pengolahan limbah, teknik spektroskopi, detektor uang, dan lain-lain. Namun, sinar ultraviolet juga dapat membahayakan kesehatan. Radiasi sinar ultraviolet (UV) pada sel darah merah dapat menyebabkan stress oksidatif, yang pada akhirnya sel darah merah akan mengalami kerusakan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh lama paparan sinar ultraviolet detektor uang terhadap kadar eritrosit tikus putih jantan galur wistar.

Penelitian berjenis eksperimental dengan desain *pre and post test only control group design* ini menggunakan sampel sebanyak 30 ekor tikus yang dibagi dalam 3 kelompok. KI merupakan kelompok kontrol, KII kelompok yang dipapar sinar UV detektor uang 4 jam, dan KIII kelompok yang dipapar sinar UV detektor uang 8 jam. Pelaksanaan penelitian selama 15 hari. Dua ekor tikus mengalami sampel darah beku dan dikeluarkan dari penelitian, untuk keseragaman sampel dipilih 9 sampel secara acak. Kadar eritrosit diukur sebelum dan setelah perlakuan, yang kemudian diuji dengan *Shapiro Wilk*, *Levene Test*, *Paired T Test*, *One Way Anova*, dan *post hoc Tukey*.

Uji *paired t test*: menghasilkan perbedaan rata-rata kadar eritrosit *pre* dan *post* pada KI dengan KII dan antara KII dan KIII signifikan (masing-masing  $p = 0,024$  dan  $0,001$ ), perbedaan rata-rata kadar eritrosit antara KI dan KIII tidak signifikan ( $p = 0,216$ ). Ada perbedaan rata-rata perubahan kadar eritrosit antar ketiga kelompok ( $p = 0,001$ ), rata-rata perubahan kadar Eritrosit antara KI dengan KII dan antara KII dengan KIII tidak signifikan (masing-masing  $p$  sebesar  $0,089$  dan  $0,086$ ), rata-rata perubahan kadar eritrosit antara KI dan KIII signifikan ( $p = 0,000$ ).

Kesimpulan: lama paparan sinar ultraviolet detektor uang berpengaruh terhadap kadar eritrosit pada tikus putih jantan galur wistar.

Kata kunci: sinar ultraviolet detektor uang, kadar eritrosit

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Peralatan elektronik yang ada di sekitar kita, khususnya di rumah kita, diyakini mampu menimbulkan paparan radiasi gelombang elektromagnetik yang bisa berakibat buruk bagi kesehatan kita. Pengetahuan masyarakat yang kurang tentang hal ini, semakin memperparah keadaan yang terjadi akan dampak dari radiasi-radiasi tersebut. Salah satu contoh buruk perilaku masyarakat tentang radiasi ini adalah, masyarakat luas pada umumnya tidak memperhatikan jarak aman dengan peralatan elektronik yang menimbulkan radiasi tersebut. Salah satunya adalah lampu detector uang yang mampu memancarkan sinar UV (UltraViolet) dengan panjang gelombang 230-400 nm. Sedangkan nilai ambang batas pajanan radiasi ultraviolet dalam 8 jam adalah 320 nm. Jadi semakin jauh jarak manusia atau pengguna dengan peralatan yang menimbulkan radiasi tersebut, semakin kecil pula frekuensi paparan yang diterima oleh manusia ataupun pengguna (Susongko, 2011).

Dalam era industrialisasi ini sinar ultraviolet (UV) banyak berguna pada berbagai alat teknologi yang canggih serta modern pada bidang kesehatan, ekonomi, dan lain-lain. Pemanfaatan dari sinar ultraviolet salah satunya banyak di gunakan sebagai alat pendeteksi uang, yang ada pada bidang ekonomi, sterilisasi kuman air minum pada depot air isi ulang, sterilisasi ruangan operasi (OK), dsb. Bagian kasir/perbankan menggunakan alat deteksi

uang untuk memendarkan kode watermark (tanda air) pada uang tersebut. Mata uang kertas dari berbagai negara memiliki citra, warna-warni dan banyak serat, hanya terlihat di bawah sinar ultraviolet detektor uang (Gary, 2003).

Disamping dapat digunakan pada berbagai bidang dan untuk memperbaiki kesehatan, sinar ultraviolet juga dapat membahayakan kesehatan. Radiasi sinar ultraviolet, mempunyai pengaruh terhadap kulit yang disebut eritema. Pada sel darah merah, radikal bebas ini dapat menyebabkan stress oksidatif, yang pada akhirnya sel darah merah akan mengalami kerusakan (Lautan, 1997). Hal ini menyebabkan terlepasnya hemoglobin yang dapat berlanjut menjadi anemia (hoffbrand, 2005). Menurut Suharsono (2004), paparan ultraviolet yang bersumber dari lampu Tl flouresence 20 watt, dapat menurunkan jumlah eritrosit. Menurut Alatas (2003), paparan sinar ultraviolet pada kulit yang masih dalam batas normal adalah antara 2-4 jam per hari. Penelitian Kiswanto (2008) yang meneliti tentang pengaruh paparan sinar ultraviolet terhadap jumlah eritrosit pada tikus putih jantan galur wistar. Penelitian tersebut menggunakan lampu Tl flouresence 20 watt yang dipapar pada tikus dengan lama paparan 4jam/hari selama 30 hari. Oleh karena itu peneliti berusaha untuk membuktikan bahwa paparan sinar ultraviolet dari lampu detektor uang dengan panjang gelombang 230-400 nm yang dipapar 4jam/hari dan 8 jam/hari selama 15 hari juga dapat mempengaruhi kadar eritrosit tikus putih jantan galur wistar.

Penelitian bahaya radiasi elektromagnetik (sinar ultraviolet) tidak dapat menggunakan manusia sebagai sampel karena cukup berbahaya, sehingga digunakan tikus putih jantan galur wistar. Tikus putih jantan galur wistar memiliki banyak kemiripan dengan manusia baik dari segi kelengkapan organ, kebutuhan nutrisi, metabolisme dan biokimia sehingga diharapkan hasil penelitian ini dapat mewakili apa yang sebenarnya terjadi pada tubuh manusia. Walau penelitian ini baru dilakukan pada binatang percobaan, namun biasanya jika dilakukan pada manusia hasilnya kebanyakan studi tidak jauh berbeda.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Dari uraian yang telah disebutkan maka dirumuskan masalah :

“Adakah pengaruh lama paparan sinar ultraviolet detektor uang terhadap kadar eritrosit pada tikus putih jantan galur wistar?”

## **1.3 Tujuan Penelitian**

### **1.3.1 Tujuan umum**

Untuk mengetahui pengaruh lama paparan sinar ultraviolet detektor uang terhadap kadar eritrosit pada tikus putih jantan galur wistar

### **1.3.2 Tujuan khusus**

1.3.2.1 Mengetahui jumlah rata-rata kadar eritrosit pada tikus putih jantan galur wistar sebelum dan sesudah perlakuan pada kelompok kontrol.

- 1.3.2.2 Mengetahui jumlah rata-rata kadar eritrosit pada tikus putih jantan galur wistar sebelum perlakuan dan setelah dipapar sinar ultraviolet detektor uang selama 4 jam.
- 1.3.2.3 Mengetahui jumlah rata-rata kadar eritrosit pada tikus putih jantan galur wistar sebelum perlakuan dan setelah dipapar sinar ultraviolet detektor uang selama 8 jam.
- 1.3.2.4 Menganalisis rata-rata kadar eritrosit pada tikus putih jantan galur wistar pada kelompok kontrol, kelompok yang dipapar sinar ultraviolet detektor uang selama 4 jam dan kelompok yang dipapar sinar ultraviolet detektor uang selama 8 jam sebelum dan sesudah perlakuan.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk :

##### **1.4.1. Masyarakat**

- 1.4.1.1. Memberikan informasi mengenai dampak paparan sinar ultraviolet terhadap kesehatan.

##### **1.4.2. Pendidikan**

- 1.4.2.1. Sebagai sumber informasi dan bahan pengembangan penelitian bagi peneliti selanjutnya.
- 1.4.2.2. Memperkaya ilmu pengetahuan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Eritrosit (Sel Darah Merah)**

##### **2.1.1 Definisi**

Eritrosit adalah sel berbentuk bikonkaf yang berukuran  $\varnothing$  7-8  $\mu\text{m}$ , lebar 2  $\mu\text{m}$ , volumenya 90 fL Tidak mempunyai nucleus dan organella serta Terdapat molekul hemoglobin di dalam sel (Guyton & Hall, 1996).

##### **2.1.2 Pembentukan dan Perkembangan Eritrosit**

Dalam minggu-minggu pertama dari kehidupan embrio, di dalam yolk sac (kantong kuning telur) akan diproduksi sel-sel darah merah primitif yang berinti. Selama trimester pertengahan dari masa gestasi, hati dianggap organ utama yang dapat memproduksi sel-sel darah merah, dan pada saat yang sama juga akan di produksi sejumlah sel-sel darah merah yang jumlahnya sesuai oleh limpa dan limfonodus. Selanjutnya periode selama akhir dari masa kehamilan dan sesudah lahir, sel-sel darah merah itu hanya di produksi oleh sumsum tulang, terutama terdapat di vertebra, sternum, iga dan ilium (Guyton & Hall, 1996).

Karena eritrosit tidak dapat membelah diri untuk menggantikan jumlah eritrosit yang ada, maka sel-sel tua yang ruptur harus diganti oleh sel baru yang dihasilkan oleh sumsum tulang (Sherwood, 2001).



Suatu proses pembentukan eritrosit di sumsum tulang disebut dengan eritropoiesis. Eritropoiesis dikontrol oleh hormon eritropoietin yang berasal dari ginjal. Apabila terdapat penurunan penyaluran O<sub>2</sub> ke ginjal maka ginjal akan merangsang hormon eritropoietin untuk dikeluarkan ke dalam darah, dan hormon ini kemudian merangsang eritropoiesis di sumsum tulang. Bila penyaluran O<sub>2</sub> ke ginjal telah normal, sekresi eritropoietin di hentikan sampai diperlukan kembali (Sherwood, 2001).

Persiapan sebuah eritrosit untuk keluar dari sumsum tulang melibatkan beberapa langkah, yaitu sintesis hemoglobin dan pengeluaran nukleus dan organel (Hoffbrand dkk, 2005). Eritrosit hanya mampu bertahan rata-rata 120 hari. Selama rentang waktu hidupnya yang singkat yaitu empat bulan, eritrosit mengembara sekitar 700 mil ketika bersirkulasi melalui pembuluh darah (Sherwood, 2001).

### 2.1.3 Struktur dan Fungsi Eritrosit

Kebanyakan sel darah merah (eritrosit) di gambarkan sebagai cakram bikonkaf tanpa inti (Junqueira, 2002). Eritrosit memiliki diameter kira-kira 8 mikron, dan mempunyai ukuran ketebalan sebagai berikut, pada bagian yang tebal, ketebalannya 2 mikron, sedangkan pada bagian tengah, ketebalannya 1 mikron. Volume rata-rata eritrosit adalah sebesar 83 mikron kubik (Guyton & Hall, 1996). Bentuk bikonkaf eritrosit menghasilkan luas permukaan yang lebih besar bagi difusi O<sub>2</sub> menembus membran daripada yang dihasilkan

oleh sel bulat dengan volume yang sama. Tipisnya sel memungkinkan O<sub>2</sub> berdifusi secara lebih cepat antara bagian paling dalam sel dengan luarnya (Sherwood, 2001).

Eritrosit dikelilingi oleh suatu plasmalema, yang terdiri atas lebih kurang 40% lipid (fosfolipid, kolesterol, glikolipid, dan sebagainya), 50% protein, dan 10% karbohidrat (Junqueira, 2002). Lipid yang menyusun eritrosit ini rentan terhadap serangan radikal bebas (Trilaksani, 2003).

Di bagian dalam, eritrosit mengandung larutan 33% hemoglobin, yaitu protein pembawa oksigen, yang berperan pada sifat asidofil eritrosit. Selain itu, terdapat enzim dari jalur lintas glikolitik dan heksosa-monofosfat dari metabolisme glukosa (Junqueira, 2002).

Fungsi utama eritrosit adalah mengangkut oksigen dalam darah yang terutama dilakukan oleh hemoglobin (Sherwood, 2001).

#### **2.1.4 Konsentrasi Eritrosit di Dalam Darah**

Konsentrasi normal eritrosit dalam darah kira-kira 3,9-5,5 juta/ $\mu$ L pada wanita dan 4,1-6 juta/ $\mu$ L pada pria (Junqueira, 2002).

#### **2.1.5. Faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah eritrosit**

Menurut Guyton & Hall (1996) faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah eritrosit adalah :

##### **2.1.5.1. Jenis Kelamin**

Pada laki-laki normal jumlah (konsentrasi) eritrosit mencapai 4,1-6 juta/ $\mu$ L. Pada wanita normal 3,9-5,5 juta/ $\mu$ L.

2.1.5.2. Usia Orang dewasa memiliki jumlah eritrosit lebih banyak dibanding anak-anak.

2.1.5.3. Tempat Ketinggian

Orang yang hidup di dataran tinggi cenderung memiliki jumlah eritrosit lebih banyak.

2.1.5.4. Kondisi Tubuh Seseorang

Sakit dan luka yang mengeluarkan banyak darah dapat mengurangi jumlah eritrosit dalam darah.

## 2.2 Sinar Ultraviolet

### 2.2.1 Definisi

Sinar Ultraviolet adalah gelombang elektromagnetik, dengan panjang gelombang antara 100 nm (setara dengan energi foton sekitar 12 eV) sampai 400 nm (nano meter). Sinar ultraviolet diklasifikasikan menjadi 3, yaitu UV-A, UV-B dan UV-C bergantung pada panjang gelombang dan efek biologi. UV-A memiliki panjang gelombang 315-400 nm, UV-B 280-315 nm dan UV-C 100-280 nm (Bunawas, 1999).

Sinar Ultraviolet termasuk dalam radiasi non pengion, dimana bila terjadi proses penyerapan dan penyebaran energi melalui suatu media, berkas energi radiasi tersebut tidak akan mampu menginduksi terjadinya proses ionisasi dalam media tersebut (Alatas dkk, 2003).

## 2.2.2 Radiasi Sinar Ultraviolet

Matahari memancarkan radiasi ultraviolet di UVA, UVB, dan UVC band. Lapisan ozon blok Bumi 97-99% dari radiasi UV dari penetrasi melalui atmosfer dari radiasi ultraviolet yang mencapai permukaan bumi,. 98,7% adalah UVA. (UVC dan radiasi lebih energik bertanggung jawab untuk generasi lapisan ozon, dan pembentukan ozon sana). Saat bintang panas memancarkan radiasi UV secara proporsional lebih dari matahari, bintang R136a1 memiliki energi termal dari 4,57 eV, yang jatuh di kisaran dekat-UV (Gary, 2003).

Radiasi sinar ultraviolet di bentuk adanya serapan oleh atom oksigen yang kemudian membentuk lapisan ozon, maka radiasi sinar matahari yang sampai ke bumi mempunyai intensitas lebih rendah, meliputi sinar ultraviolet dengan panjang gelombang 290-400 nm. Sedangkan panjang gelombang yang lebih pendek, diserap oleh lapisan atmosfer. Berkurangnya lapisan ozon, akibat pelepasan *chloro fluorocarbon* (CFC) buatan manusia ke atmosfer, akan mengurangi daya proteksi ozon terhadap sinar ultraviolet dan memperbesar tingkat kerusakan akibat pajanan radiasi sinar ultraviolet. Sumber radiasi sinar ultraviolet buatan manusia, terdiri atas lampu halogen tungsten, lampu neon, lampu intensitas tinggi yang digunakan industri untuk fotopolimerisasi, lampu germisidal untuk sterilisasi dan lampu untuk pengelasan metal dan laser UV seperti excimer laser (Alatas dkk, 2003).

Radiasi mempunyai energi menurut Max Planck (1900) pertukaran energi antara radiasi dan materi tidak terjadi secara kontinyu, melainkan pertukaran energi berlangsung melalui satuan energi yang disebut kuantum. Kwantum energi radiasi (E) suatu gelombang elektromagnetik sama dengan konstanta dikalikan dengan frekuensi radiasi maka dapat dinyatakan dengan rumus:

$$E_{(\text{erg})} = h \times f$$

$E_{(\text{erg})}$  = energi radiasi dalam erg.

$h$  = konstanta planck =  $6,62 \times 10^{-27}$  erg detik.

$f$  = frekuensi radiasi.

dan :

$$f = C/\lambda$$

$C$  = kecepatan gelombang elektromagnetik  $3 \times 10^{10}$  cm/detik.

$\lambda$  = panjang gelombang.

Maka :

$$E = h \times C/\lambda$$

Oleh karena  $h$  dan  $C$  konstan, maka energi radiasi berbanding terbalik dengan panjang gelombang; makin besar energi radiasi makin pendek panjang gelombang dan sebaliknya (gabriel, 1996).

Energi radiasi dapat mengeluarkan elektron dari inti atom, sisa atom ini menjadi muatan positif dan disebut ion positif. Elektron yang di keluarkan itu dapat tinggal bebas atau mengikat atom netral lainnya dan membentuk ion negatif. Peristiwa pembentukan ion positif dan

ion negatif dinamakan ionisasi. Ionisasi ini penting untuk diketahuinya oleh karena melalui proses ini jaringan tubuh akan mengalami kelainan atau kerusakan pada sel - sel tubuh. Ionisasi di udara dapat dipakai sebagai dasar sistem pengukuran dosis radiasi. Sinar ultraviolet termasuk radiasi yang tidak menimbulkan ionisasi. Sinar ultraviolet ini biasanya dipakai pada bagian/unit pusat rehabilitasi dan tidak dibagian radioterapi (gabriel, 1996).

### 2.2.3 Manfaat Sinar Ultraviolet

Di bidang kesehatan, radiasi sinar ultraviolet digunakan sebagai alat pencoklat kulit, seperti pada orang kulit putih yang berjemur (*suntanning*), disinfeksi, dan sebagai terapi sinar pada bayi hiperbilirubin, agar produksi bilirubin dapat diperkecil. Selain itu, sinar ultraviolet juga dapat digunakan di bidang lain untuk proses polimerisasi, penjebak serangga, litografi, reprografi, dan fotometri (Muhaimin, 2001). Pemanfaatan dari sinar ultraviolet salah satunya banyak digunakan sebagai alat pendeteksi uang, yang ada pada bidang ekonomi pada zaman sekarang ini. Hampir setiap orang memiliki alat deteksi uang untuk memendarkan kode watermark pada uang tersebut. Menurut Gary (2003), Untuk membantu mencegah pemalsuan dokumen sensitif (misalnya kartu kredit, izin mengemudi, paspor, dan uang) dapat menyertakan watermark UV yang terlihat hanya di bawah cahaya-UV emitting. Mata uang kertas berbagai negara memiliki citra, serta warna-warni banyak serat, hanya terlihat di bawah sinar

ultraviolet detektor uang, adapun ukuran yang di gunakan sinar ultraviolet detektor uang adalah 230-400 nm.

Menurut Arbi (2005), manfaat radiasi sinar ultraviolet yang bersumber dari sinar matahari antara lain :

2.2.3.1 Sintesis vitamin D3 di lapisan epidermis

2.2.3.2 Mengurangi kolesterol darah

2.2.3.3 Mengurangi gula darah

2.2.3.4 Meningkatkan kebugaran pernafasan

2.2.3.5 Membentuk dan memperbaiki tulang

2.2.3.6 Meningkatkan beberapa jenis kekebalan

#### **2.2.4 Dampak Sinar Ultraviolet**

Disamping dapat digunakan untuk memperbaiki kesehatan, sinar ultraviolet juga dapat membahayakan kesehatan. Beberapa faktor penyebab radiasi sinar ultraviolet yang membahayakan antara lain : intensitas radiasi, panjang gelombang, waktu, dan bagian tubuh yang terkena radiasi (Muhaimin, 2001).

Kebanyakan masyarakat saat ini masih menggunakan lampu jenis neon untuk pencahayaan di rumahnya. Tidak disadari oleh masyarakat luas bahwa, lampu jenis Neon ini mampu memancarkan sinar UV (Ultra Violet) 253,7nm dan 185nm yang bisa berakibat buruk bagi kesehatan jika digunakan dalam jangka waktu lama. Lampu TL mengandung sampai 5 mg MERCURY (dalam bentuk uap atau bubuk). Penelitian yang pernah dilakukan WHO

menyebutkan bahwa gas yang berada di dalam lampu neon saat ini merupakan gas yang amat berbahaya karena bisa memancarkan radiasi jika dialiri aliran listrik. Dengan beralih menggunakan lampu pijar ataupun jenis SL, akan mengurangi dampak dari radiasi UV yang ditimbulkan oleh lampu jenis Neon (Susongko,2011).

### **Besar radiasi dan Nilai Ambang Batas Lampu Neon**

Lampu jenis Neon ini mampu memancarkan sinar UV (UltraViolet) sepanjang 253,7nm dan 185nm. Lampu TL mengandung sampai 5 miligram MERCURY (dalam bentuk uap atau bubuk). Sedangkan Nilai Ambang Batas pajanan radiasi ultraviolet dalam 8 jam adalah 320 nm (Susongko,2011).

Sinar UV yang mempengaruhi kehidupan biologik, mempunyai panjang gelombang antara 250-400 nm, dengan pembagian segmen sebagai berikut : segmen UV-A dengan panjang gelombang 320-400 nm paling banyak mencapai bumi - 100 kali UV-B, segmen UV-B dengan panjang gelombang antara 290-320 nm merupakan sinar terkuat yang mencapai bumi. Segmen UV-C dengan panjang gelombang antara 200-290 nm merupakan sinar terkuat yang diabsorpsi oleh lapisan ozon sehingga tidak mencapai permukaan bumi (Misnadiarly, 2006).



Radiasi sinar ultraviolet, mempunyai pengaruh terhadap kulit yang disebut eritema. Radiasi sinar ultraviolet tingkatan sedang, menyebabkan memerahnya kulit, sedangkan tingkatan tinggi, dapat menyebabkan kulit mengeluarkan darah. Terkena pejanan sinar UV-A pada waktu yang lama dapat menyebabkan penuaan kulit (keriput) dan meningkatkan resiko kanker kulit. Selain pada kulit, radiasi sinar ultraviolet juga dapat membahayakan mata, karena jika terkena dalam waktu yang singkat dapat menyebabkan fotokeratitis, conjungtivitis dan gangguan yang lebih membahayakan lainnya yaitu dapat merusak retina mata. Mata yang terkena ultraviolet dalam jangka panjang dapat menyebabkan katarak (Muhaimin, 2001).

#### **2.2.5 Radikal bebas sinar ultraviolet**

Radikal bebas adalah sekelompok bahan kimia baik berupa atom maupun molekul yang memiliki elektron tidak berpasangan pada lapisan luarnya. Merupakan juga suatu kelompok bahan kimia dengan reaksi jangka pendek yang memiliki satu atau lebih elektron bebas. Pada proses metabolisme normal, tubuh memproduksi partikel kecil dengan tenaga besar disebut sebagai radikal bebas. Atom atau molekul dengan elektron bebas ini dapat digunakan untuk menghasilkan tenaga dan beberapa fungsi fisiologis seperti kemampuan untuk membunuh virus dan bakteri. Namun oleh karena mempunyai tenaga yang sangat tinggi, zat ini juga dapat merusak jaringan normal apabila jumlahnya terlalu banyak. Radikal bebas dapat mengganggu produksi DNA, lapisan lipid pada dinding sel,

mempengaruhi pembuluh darah, dan produksi prostaglandin. Radikal bebas juga dijumpai pada lingkungan, beberapa logam (misalnya besi, tembaga), asap rokok, polusi udara, obat, bahan beracun, makanan dalam kemasan, bahan aditif, dan sinar ultraviolet dari matahari maupun radiasi. Oleh karena radikal bebas sangat reaktif, maka mempunyai spesifitas kimia yang rendah sehingga dapat bereaksi dengan berbagai molekul lain, seperti protein, lemak, karbohidrat, dan DNA. Dalam rangka mendapatkan stabilitas kimia, radikal bebas tidak dapat mempertahankan bentuk asli dalam waktu lama dan segera berikatan dengan bahan sekitarnya. Radikal bebas akan menyerang molekul stabil yang terdekat dan mengambil elektron, zat yang terambil elektronnya akan menjadi radikal bebas juga sehingga akan memulai suatu reaksi berantai, yang akhirnya terjadi kerusakan sel tersebut. (Sjamsul Arief, 2010).

Radikal bebas dapat terbentuk in-vivo dan in-vitro secara :

1. Pemecahan satu molekul normal secara homolitik menjadi dua.  
Proses ini jarang terjadi pada sistem biologi karena memerlukan tenaga yang tinggi dari sinar ultraviolet, panas, dan radiasi ion.
2. Kehilangan satu elektron dari molekul normal
3. Penambahan elektron pada molekul normal

Pada radikal bebas elektron yang tidak berpasangan tidak mempengaruhi muatan elektrik dari molekulnya, dapat bermuatan positif, negatif, atau netral.

## 1. Sumber radikal bebas

Radikal bebas yang ada ditubuh manusia berasal dari 2 sumber :

- a. Endogen
- b. Eksogen

## 2. Sumber endogen

### a. Autoksidasi :

Merupakan produk dari proses metabolisme aerobik. Molekul yang mengalami autoksidasi berasal dari katekolamin, hemoglobin, mioglobin, sitokrom C yang tereduksi, dan thiol. Autoksidasi dari molekul di atas menghasilkan reduksi dari oksigen diradikal dan pembentukan kelompok reaktif oksigen. Superoksida merupakan bentuk awal radikal. Ion ferrous (Fe II) juga dapat kehilangan elektronnya melalui oksigen untuk membuat superoksida dan Fe III melalui proses autoksidasi.

### b. Oksidasi enzimatik

Beberapa jenis sistem enzim mampu menghasilkan radikal bebas dalam jumlah yang cukup bermakna, meliputi xanthine oxidase (activated in ischemia-reperfusion), prostaglandin synthase, lipoxygenase, aldehyde oxidase, dan amino acid oxidase. Enzim myeloperoxidase hasil aktivasi netrofil, memanfaatkan hidrogen peroksida untuk oksidasi ion klorida menjadi suatu oksidan yang kuat asam hipoklor.

c. Respiratory burst

Merupakan terminologi yang digunakan untuk menggambarkan proses dimana sel fagositik menggunakan oksigen dalam jumlah yang besar selama fagositosis. Lebih kurang 70-90 % penggunaan oksigen tersebut dapat diperhitungkan dalam produksi superoksida. Fagositik sel tersebut memiliki sistem membran bound flavoprotein cytochrome-b-245 NADPH oxidase. Enzim membran sel seperti NADPH-oxidase keluar dalam bentuk inaktif. Paparan terhadap bakteri yang diselimuti imunoglobulin, kompleks imun, komplemen 5a, atau leukotrien dapat mengaktifkan enzim NADPH-oxidase. Aktifasi tersebut mengawali respiratory burst pada membran sel untuk memproduksi superoksida. Kemudian  $H_2O_2$  dibentuk dari superoksida dengan cara dismutasi bersama generasi berikutnya dari OH dan HOC oleh bakteri.

3. Sumber eksogen

a. Obat-obatan :

Beberapa macam obat dapat meningkatkan produksi radikal bebas dalam bentuk peningkatan tekanan oksigen. Bahan-bahan tersebut bereaksi bersama hiperoksia dapat mempercepat tingkat kerusakan. Termasuk didalamnya antibiotika kelompok quinoid atau berikatan logam untuk aktifitasnya (nitrofurantoin), obat kanker seperti bleomycin,

anthracyclines (adriamycin), dan methotrexate, yang memiliki aktifitas pro-oksidan. Selain itu, radikal juga berasal dari fenilbutason, beberapa asam fenamat dan komponen aminosalisilat dari sulfasalasin dapat mengaktifasi protease, dan penggunaan asam askorbat dalam jumlah banyak mempercepat peroksidasi lemak.

b. Radiasi :

Radioterapi memungkinkan terjadinya kerusakan jaringan yang disebabkan oleh radikal bebas. Radiasi elektromagnetik (sinar X, sinar gamma) dan radiasi partikel (partikel elektron, photon, neutron, alfa, dan beta) menghasilkan radikal primer dengan cara memindahkan energinya pada komponen seluler seperti air. Radikal primer tersebut dapat mengalami reaksi sekunder bersama oksigen yang terurai atau bersama cairan seluler.

c. Asap rokok :

Oksidan dalam rokok mempunyai jumlah yang cukup untuk memainkan peranan yang besar terjadinya kerusakan saluran napas. Telah diketahui bahwa oksidan asap tembakau menghabiskan antioksidan intraseluler dalam sel paru (in vivo) melalui mekanisme yang dikaitkan terhadap tekanan oksidan. Diperkirakan bahwa tiap hisapan rokok mempunyai bahan oksidan dalam jumlah yang sangat besar. meliputi

aldehida, epoxida, peroxida, dan radikal bebas lain yang mungkin cukup berumur panjang dan bertahan hingga menyebabkan kerusakan alveoli. Bahan lain seperti nitrit oksida, radikal peroksil, dan radikal yang mengandung karbon ada dalam fase gas. Juga mengandung radikal lain yang relatif stabil dalam fase tar. Contoh radikal dalam fase tar meliputi *semiquinone moieties* dihasilkan dari bermacam-macam *quinone* dan *hydroquinone*. Perdarahan kecil berulang merupakan penyebab yang sangat mungkin dari desposisi besi dalam jaringan paru perokok. Besi dalam bentuk tersebut menyebabkan pembentukan radikal hidroksil yang mematikan dari hidrogen peroksida. Juga ditemukan bahwa perokok mengalami peningkatan netrofil dalam saluran napas bawah yang mempunyai kontribusi pada peningkatan lebih lanjut konsentrasi radikal bebas.

Pembentukan radikal bebas dalam sel

Radikal bebas diproduksi dalam sel yang secara umum melalui reaksi pemindahan elektron, menggunakan mediator enzimatik atau non-enzimatik. Produksi radikal bebas dalam sel dapat terjadi secara rutin maupun sebagai reaksi terhadap rangsangan. Secara rutin adalah superoksida yang dihasilkan melalui aktifasi fagosit dan reaksi katalisa seperti ribonukleotida reduktase. Sedang pembentukan melalui

rangsangan adalah kebocoran superoksida, hidrogen peroksida dan kelompok oksigen reaktif (*reactive oxygen species (ROS)*) lainnya pada saat bertemunya bakteri dengan fagosit teraktifasi. Pada keadaan normal sumber utama radikal bebas adalah kebocoran elektron yang terjadi dari rantai transport elektron, misalnya yang ada dalam mitokondria dan endoplasma retikulum dan molekul oksigen yang menghasilkan superoksida. Dalam kondisi yang tidak lazim seperti radiasi ion, sinar ultraviolet, dan paparan energi tinggi lainnya, dihasilkan radikal bebas yang sangat berlebihan.

Reaksi perusakan oleh radikal bebas

Definisi tekanan oksidatif (*oxidative stress*) adalah suatu keadaan dimana tingkat oksigen reaktif intermediate (ROI) yang toksik melebihi pertahanan anti-oksidan endogen.

Keadaan ini mengakibatkan kelebihan radikal bebas, yang akan bereaksi dengan lemak, protein, asam nukleat seluler, sehingga terjadi kerusakan lokal dan disfungsi organ tertentu. Lemak merupakan biomolekul yang rentan terhadap serangan radikal bebas.

a. Peroksidasi lemak

Membran sel kaya akan sumber *poly unsaturated fatty acid* (PUFA), yang mudah dirusak oleh bahan-bahan pengoksidasi; proses tersebut dinamakan peroksidasi

lemak. Hal ini sangat merusak karena merupakan suatu proses berkelanjutan. Pemecahan hidroperoksida lemak sering melibatkan katalisis ion logam transisi.

b. Kerusakan protein

Protein dan asam nukleat lebih tahan terhadap radikal bebas daripada PUFA, sehingga kecil kemungkinan dalam terjadinya reaksi berantai yang cepat. Serangan radikal bebas terhadap protein sangat jarang kecuali bila sangat ekstensif. Hal ini terjadi hanya jika radikal tersebut mampu berakumulasi (jarang pada sel normal), atau bila kerusakannya terfokus pada daerah tertentu dalam protein. Salah satu penyebab kerusakan terfokus adalah jika protein berikatan dengan ion logam transisi.

c. Kerusakan DNA

Seperti pada protein kecil kemungkinan terjadinya kerusakan di DNA menjadi suatu reaksi berantai, biasanya kerusakan terjadi bila ada lesi pada susunan molekul, apabila tidak dapat diatasi, dan terjadi sebelum replikasi maka akan terjadi mutasi. Radikal oksigen dapat menyerang DNA jika terbentuk disekitar DNA seperti pada radiasi biologis (Sjamsul Arief, 2010). Menurut Sofia (2007), sangat reaktif dan mampu bereaksi dengan protein, lipid, karbohidrat, atau DNA.



Sinar ultraviolet merupakan sumber eksogenus radikal bebas yang berasal dari alam (Kumalaningsih, 2007). Paparan sinar ultraviolet menyebabkan molekul  $O_2$  menyerap energi elektronik ultraviolet, sehingga mengubah satu spin paralel menjadi spin antiparalel, dan berakibat nilai total momentum sudutnya nol ( $S=1/2 + (-1/2)$ ,  $S=0$ ). Keadaan ini disebut dengan posisi singlet. Molekul  $O_2$  singlet mempunyai energi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan  $O_2$  triplet. Sehingga, molekul  $O_2$  singlet bersifat tidak stabil serta dapat memicu terbentuknya radikal bebas (Sadikin, 2001).

Radikal bebas dapat masuk dan terbentuk ke dalam tubuh melalui pernafasan, kondisi lingkungan yang tidak sehat, makanan yang berlemak, dan kulit (Kumalaningsih, 2007). Adapun beberapa radikal bebas yang dijumpai dalam tubuh, antara lain : radikal bebas Superoksida ( $O_2^-$ ), radikal bebas Hidroksil ( $OH^\bullet$ ), radikal bebas Alkoksil ( $RO^\bullet$ ), radikal bebas Peroksil ( $ROO^\bullet$ ), Peroksida lipid (LOOH), Hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ), Singlet Oksigen ( $^1O_2$ ) dan Ion Hipoklorit ( $OCl^-$ ). Radikal bebas yang mungkin terbentuk di dalam sel eritrosit terdapat hemoglobin adalah superoksida ( $O_2^-$ ), hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ), radikal peroksil ( $ROO^\bullet$ ) (Lautan, 1997).

### 2.2.6 Sinar ultraviolet detektor uang

Kemajuan teknologi telah berkembang dengan pesat. Seiring dengan kemajuan ini, kejahatan yang menggunakan teknologi juga berkembang. Salah satu kejahatan yang memanfaatkan kemajuan teknologi adalah pembuatan uang palsu. Uang palsu yang beredar terdiri dari pecahan Rp.20.000 hingga pecahan Rp.100.000. Peredaran uang palsu dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan. Peningkatan ini dikarena mudahnya mendapatkan informasi cara membuat uang palsu di internet. Untuk itu, perlu adanya suatu teknologi yang dapat mengetahui dan membedakan uang palsu tersebut. Maka diciptakanlah alat untuk mendeteksi uang palsu tersebut. Berbagai macam teknologi digunakan, antara lain menggunakan sinar ultraviolet, deteksi tepi dan lain-lain. Teknik yang digunakan untuk membedakan uang palsu dengan uang asli adalah dengan mendeteksi ada tidaknya benang pengaman, tanda air, perbedaan warna dan tekstur serta perbedaan bahan kertas. Salah satu tehnik yang sering digunakan adalah dengan mendeteksi ada tidaknya tanda air dari suatu mata uang kertas (Ginting, 2009).

### 2.3 Hewan coba (Tikus putih galur wistar / *rattus norvegicus strain wistar*)

Tikus memiliki ukuran tubuh yang lebih besar daripada mencit sehingga membuat tikus lebih disukai untuk berbagai penelitian. Berbeda dengan hewan laboratorium lain, tikus tidak pernah muntah. Lambung tikus terdiri dari dua bagian yaitu non glandular dan glandur. Small intestine terdiri dari

duodenum, jejunum dan ileum. Pada umur 2 bulan berat badannya dapat mencapai 200-300gram. Tikus tergolong hewan yang mudah dipegang, dikendalikan atau dapat diambil darahnya dalam jumlah besar sehingga materi dan diberikan dengan mudah melalui berbagai rute. Secara fisiologis tikus diperkirakan sesuai atau identik dengan manusia (Kusumawati, 2004).

### Taksonomi

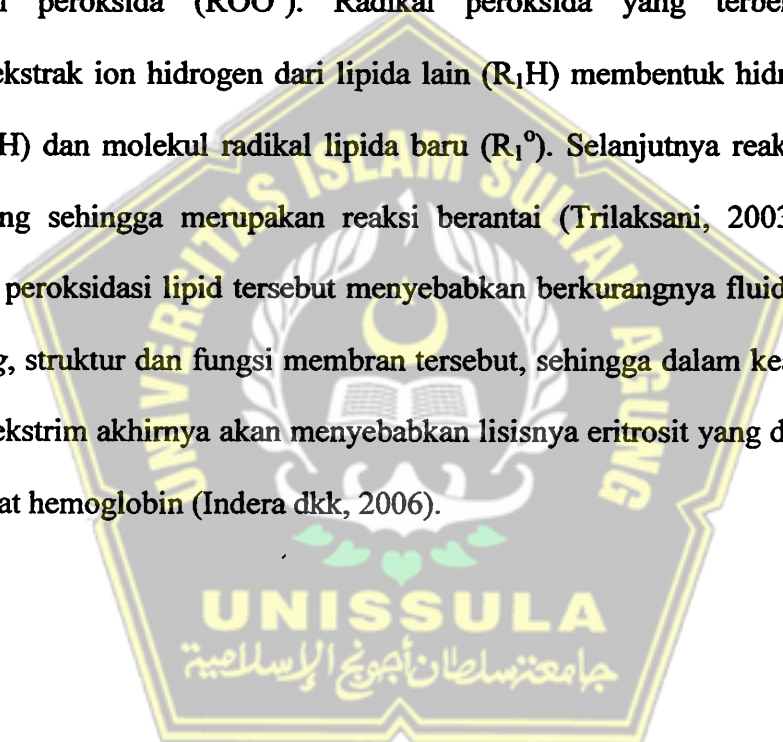
Kerajaan : *Animalia*  
 Fillum : *Chordata*  
 Kelas : *Mamalia*  
 Ordo : *Rodentia*  
 Superfamili : *Muridae*  
 Famili : *Muridae*  
 Spesies : *Rattus norvegicus*

### 2.4 Mekanisme pengaruh paparan sinar ultraviolet detektor uang terhadap kadar eritrosit

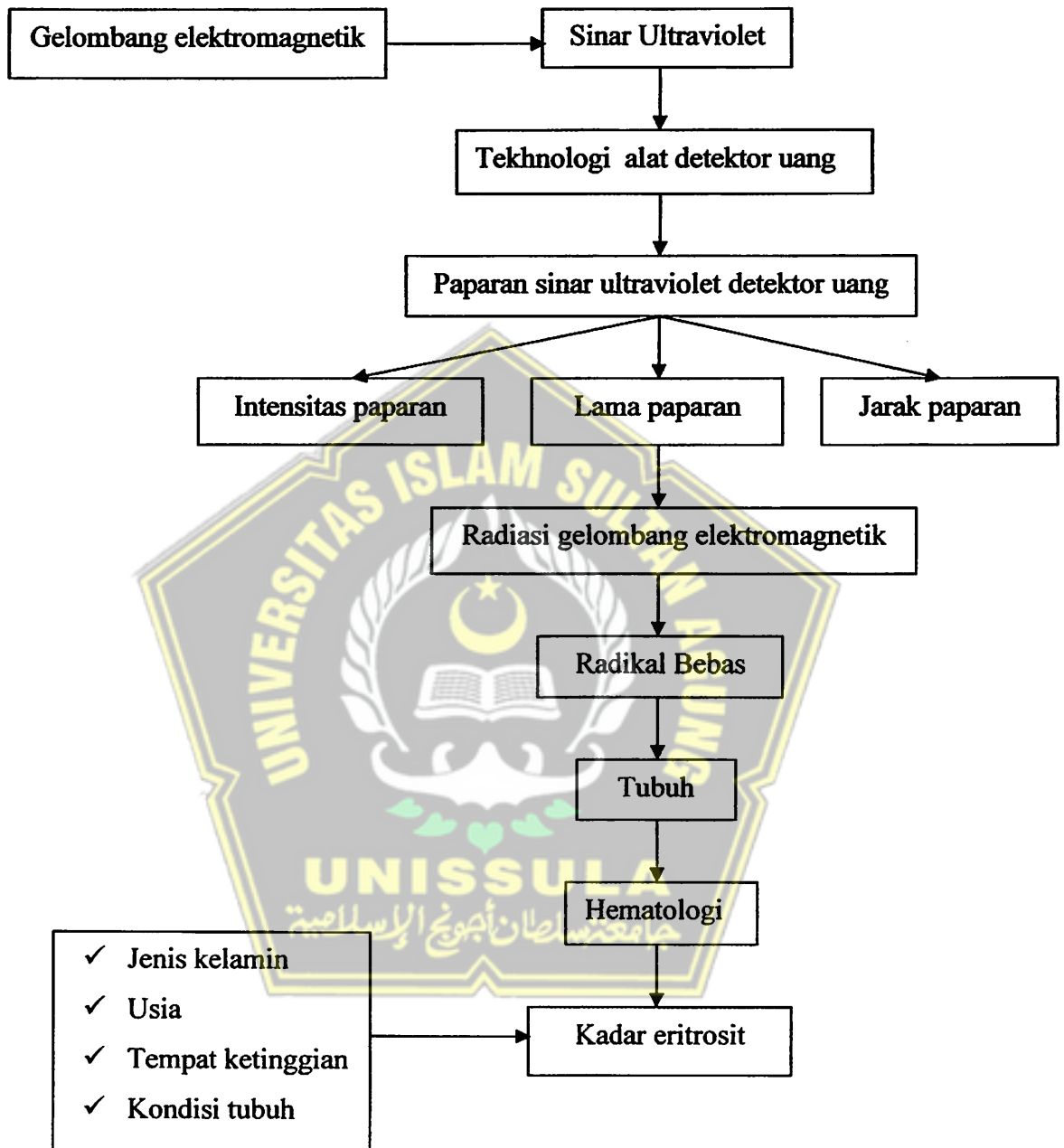
Sinar ultraviolet merupakan sumber eksogenus radikal bebas yang berasal dari alam (Kumalaningsih, 2007). Pajanan sinar ultraviolet menyebabkan molekul  $O_2$  menyerap energi elektronik ultraviolet, sehingga mengubah satu spin paralel menjadi spin antiparalel, dan berakibat nilai total momentum angularnya nol ( $S=1/2 + (-1/2)$ ,  $S=0$ ). Keadaan ini disebut dengan posisi singlet. Molekul  $O_2$  singlet mempunyai energi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan  $O_2$  triplet. Sehingga, molekul  $O_2$  singlet bersifat tidak stabil serta dapat memicu terbentuknya radikal bebas (Sadikin,

2001). Menurut Sofia (2007), sangat reaktif dan mampu bereaksi dengan protein, lipid, karbohidrat, atau DNA.

Membran eritrosit yang didalamnya terdapat hemoglobin merupakan membran sel rentan serangan radikal bebas, jika sinar ultraviolet menyerang membran tersebut terutama lipid, akan terbentuk radikal lipida ( $R^\circ$ ). Kemudian radikal lipida ( $R^\circ$ ) akan bertemu dengan oksigen membentuk radikal peroksida ( $ROO^\circ$ ). Radikal peroksida yang terbentuk akan mengekstrak ion hidrogen dari lipida lain ( $R_1H$ ) membentuk hidroperoksida ( $ROOH$ ) dan molekul radikal lipida baru ( $R_1^\circ$ ). Selanjutnya reaksi ini akan berulang sehingga merupakan reaksi berantai (Trilaksani, 2003). Adanya reaksi peroksidasi lipid tersebut menyebabkan berkurangnya fluiditas, *cross-linking*, struktur dan fungsi membran tersebut, sehingga dalam keadaan yang lebih ekstrim akhirnya akan menyebabkan lisisnya eritrosit yang di dalamnya terdapat hemoglobin (Indera dkk, 2006).



## 2.5 Kerangka Teori



## 2.6 Kerangka Konsep



## 2.7 Hipotesis

Ada pengaruh lama paparan sinar ultraviolet detektor uang terhadap kadar eritrosit pada tikus putih jantan galur wistar.



## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Jenis Penelitian dan Rancangan Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan merupakan penelitian eksperimental dengan menggunakan rancangan penelitian “*Pre test and Post test control group design*”.

#### 3.2. Variabel dan Definisi Operasional

##### 3.2.1. Variabel penelitian

- a. Variabel Bebas : Lama paparan sinar ultraviolet dektektor uang
- b. Variabel Tergantung : Kadar eritrosit (juta/ $\mu$ L) tikus putih jantan galur wistar yang dipapar sinar ultraviolet detektor uang.

##### 3.2.2. Definisi Operasional

- a. Lama paparan sinar ultraviolet dektektor uang

Paparan sinar ultraviolet detektor uang diberikan selama 4 jam dan 8 jam. Adapun panjang gelombang yang di gunakan pada sinar ultraviolet detektor uang adalah 230-400 nm.

Skala nominal.

- b. Kadar eritrosit (juta/ $\mu$ L) tikus putih jantan galur wistar yang dipapar sinar ultraviolet detektor uang.

Jumlah eritrosit yang dihitung dengan mikroskop cahaya dan bilik hitung *Improved Neubauer* dari seluruh lapang pandang,

setelah dipapar dengan sinar ultraviolet detektor uang sebelum dan sesudah perlakuan. Darah diambil melalui vena ophthalmica.

Skala ratio.

### 3.3. Populasi dan Sampel

#### 3.3.1 Populasi Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah semua tikus putih jantan galur *Wistar* dengan umur 2 bulan dan berat badan 200 gr yang ada di Unit Pengembangan Hewan Percobaan (UPHP) laboratorium Biologi Universitas Negeri Semarang (UNNES).

#### 3.3.2 Sampel Penelitian

Tikus yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi sebagai berikut :

Kriteria inklusi :

- a. Umur tikus 2-3 bulan
- b. Sehat pada penampilan luar : gerak aktif, makan dan minum normal, tidak luka, tidak cacat
- c. Berat badan sekitar 200gram

Kriteri eksklusi :

- a. Tikus mati dalam masa penelitian
- b. Tikus sakit dalam masa penelitian

Adapun penghitungan jumlah sampel yang digunakan data penelitian ini berdasarkan rumus Frederer :  $(n-1)(t-1) \geq 15$



Keterangan :  $t$  = Jumlah kelompok

$n$  = Jumlah sampel tiap kelompok

Sampel dibagi menjadi 3 kelompok

Jadi :  $(n-1)(t-1) \geq 15$

$$(n-1)(3-1) \geq 15$$

$$2n - 2 \geq 15$$

$$n \geq 17/2$$

$$n \geq 8,5 \approx 9$$

Dari hasil perhitungan sampel masing-masing kelompok yaitu 9 tiap kelompoknya, maka kita ambil 10 tiap sampel agar menyempurnakan sampel penelitian.

### 3.4. Instrumen dan Bahan Penelitian

#### 3.4.1. Instrumen Penelitian

Kandang untuk kelompok tikus, spuit, tabung kecil untuk menyimpan darah, lampu detektor uang, mikroskop cahaya, hemositometer, bilik hitung *Improved Neubauer*.

#### 3.4.2. Bahan Penelitian

Larutan EDTA digunakan untuk mencegah pembekuan darah, larutan Hayem dan tikus putih jantan galur *wistar* dengan umur 2 bulan dan berat badan 200 gram.

### 3.5. Cara Penelitian

#### 3.5.1. Perencanaan

Dengan merumuskan masalah, menentukan populasi dan sampel penelitian, rancangan penelitian serta merumuskan teknik pengumpulan data.

#### 3.5.2. Pelaksanaan Penelitian

1. Tikus putih jantan galur *wistar* dibagi menjadi 3 kelompok, masing-masing kelompok mendapat perlakuan sebagai berikut :  
Kelompok I : Tikus normal sebagai kontrol  
Kelompok II : Tikus dipapar 4 jam/hari dengan lampu detektor uang selama 15 hari  
Kelompok III : Tikus dipapar 8 jam/hari dengan lampu detektor uang selama 15 hari
2. Jumlah populasi tikus putih jantan galur *Wistar* pada masing-masing kelompok adalah 10.
3. Lama perlakuan dilakukan selama 15 hari.
4. Tikus diradiasi selama 4 jam/hari dan 8 jam/hari dengan lampu detektor uang dengan jarak  $\pm 50$  cm.
5. Setelah dilakukan perlakuan selama 15 hari, seluruh tikus diambil sampel darah dari masing-masing kelompok untuk dilakukan perhitungan jumlah eritrosit
6. Melakukan pengambilan darah tikus dengan menusukkan mikrohematokrit di vena *ophthalmica*.

7. Perhitungan jumlah eritrosit dengan menggunakan mikroskop cahaya dan bilik hitung *Improved Neubauer*
8. Cara perhitungan eritrosit :
- a. Darah yang diambil dari masing-masing kelompok tikus diletakkan pada tabung kecil yang di dalamnya diberi larutan EDTA yang digunakan untuk mencegah pembekuan darah
  - b. Bilik hitung yang telah ditutup dengan kaca penutup diletakkan di mikroskop cahaya. Cari kotak kecil (pada *Improved Neubauer* hitung eritrosit berada di tengah)
  - c. Dengan pipet eritrosit darah dihisap sampai angka 1 (pengenceran 100X) atau sampai angka 0,5 (pengenceran 200X). Bersihkan ujung pipet
  - d. Pertahankan posisi pipet, hisap larutan hayem sampai angka 101. Bersihkan ujung pipet
  - e. Gojok horizontal. Buang tiga tetes pertama
  - f. Teteskan ke bilik hitung lewat sela-sela kaca penutup. Kemudian dilakukan perhitungan pada seluruh lapang pandang pada bilik
  - g. Perhitungan jumlah eritrosit :

$$\text{Jumlah eritrosit} = \frac{N \times P}{V}$$

N = jumlah eritrosit pada bilik hitung

P = pengenceran

V = volume

- h. Setelah dilakukan perhitungan jumlah kadar eritrosit, dari masing-masing kelompok dilihat perbandingannya.

### **3.6. Tempat dan Waktu**

#### **3.6.1. Tempat penelitian**

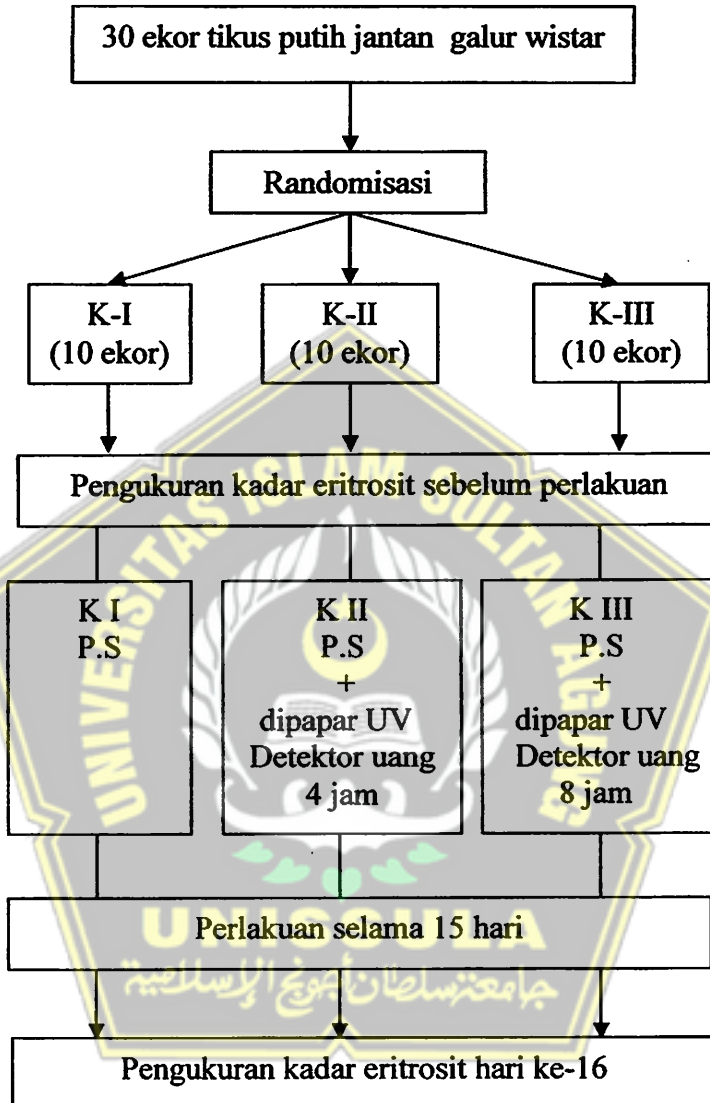
Penyusunan karya tulis ilmiah dilaksanakan di Fakultas Kedokteran Unissula. Kegiatan perlakuan sampel dilaksanakan di Unit Pengembangan Hewan Percobaan (UPHP) Fakultas Biologi Universitas Negeri Semarang (UNNES). Sedangkan pengukuran kadar eritrosit dilakukan di Balai Laboratorium Kesehatan Semarang.

#### **3.6.2. Waktu penelitian**

Pemeliharaan hewan coba, penelitian dan pemeriksaan serum dilakukan pada 18 Juli – 4 Agustus tahun 2011.



### 3.7. Alur Penelitian



- Keterangan :
- P.S : Pakan Standar
  - K I : Kelompok Kontrol
  - K II & K III : Kelompok Perlakuan

### 3.8. Analisis Hasil

Hasil penelitian berupa data jumlah eritrosit setelah mendapat perlakuan selama 15 hari. Untuk mengetahui pengaruh lama paparan sinar ultraviolet detektor uang terhadap kadar eritrosit pada tikus putih jantan galur wistar di lakukan analisa dengan uji *One Way Annova* yang kemudian dilanjutkan dengan uji *Post Hoc*.



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil Penelitian

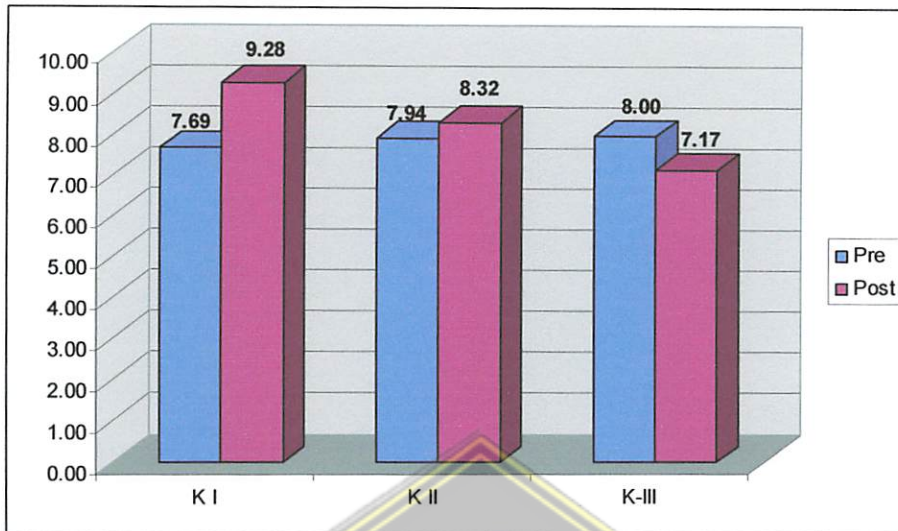
Pada penelitian yang dilakukan untuk mengetahui kadar eritrosit tikus putih jantan galur wistar yang dipapar dengan sinar ultraviolet detektor uang selama 15 hari dari tanggal 18 Juli 2011 sampai dengan 3 Agustus 2011, jumlah tikus yang memenuhi kriteria inklusi sebanyak 30 ekor yang dibagi dalam 3 kelompok, yaitu kelompok kontrol (tanpa paparan sinar ultraviolet) atau K I, kelompok perlakuan I (kelompok yang dipapar sinar ultraviolet 4 jam/hari) atau K II dan kelompok perlakuan II (kelompok yang dipapar sinar ultraviolet 8 jam/hari) atau K III.

Selama penelitian berlangsung terdapat dua sampel darah mengalami beku, yaitu pada K I dan K II sehingga tidak disertakan dalam analisis (*drop out/DO*). Bekunya sampel darah disebabkan oleh tenggang waktu yang lama sementara sampel darah tidak diberi EDTA untuk mengantisipasi pembekuan sampel darah sebelum diperiksa. Untuk keseimbangan data maka dipilih secara acak 9 data pengukuran hemoglobin dari masing-masing kelompok.

Rata-rata kadar eritrosit antar kelompok dapat dilihat dari Tabel 4.1. dan Gambar 4.1.

Tabel 4.1. Rerata kadar eritrosit pre dan post test kelompok (juta mm<sup>3</sup>)

Kelompok	Pre	Post	Selisih Pre-Post
K I	7,69	9,28	1,64
K II	7,94	8,32	0,41
K III	8,00	7,18	-0,65
<b>Rata-rata</b>	<b>7,88</b>	<b>8,26</b>	<b>0,41</b>



Gambar 4.1. Rerata kadar eritrosit pre dan post test kelompok

Berdasarkan Gambar 4.1. dapat dilihat bahwa pada kelompok kontrol, rata-rata hasil pengukuran kadar eritrosit *post test* lebih tinggi daripada rata-rata kadar eritrosit *pre test*. Pada kelompok II, kadar eritrosit setelah tikus dipapar sinar ultraviolet dari detektor uang dengan durasi 4 jam/hari selama 15 hari juga lebih tinggi daripada rata-rata kadar eritrosit sebelum tikus dipapar sinar ultraviolet. Namun pada kelompok III, kadar eritrosit setelah tikus dipapar sinar ultraviolet dari detektor uang dengan durasi 8 jam/hari selama 15 hari lebih rendah daripada rata-rata kadar eritrosit sebelum tikus dipapar sinar ultraviolet.

Untuk mengetahui apakah perbedaan rata-rata hasil pengukuran kadar eritrosit antar kelompok pada *pre* dan *post test* tersebut signifikan, maka dilakukan uji t berpasangan agar perbedaan kedua hasil pengukuran baik pada *pre* maupun *post test* dapat dibuktikan secara statistik. Uji t berpasangan ini dilakukan karena data hasil pengukuran kadar eritrosit antar kelompok berdistribusi normal ( $p\text{-value} > 0,05$ ) dan memiliki varian yang



homogen ( $p\text{-value} > 0,05$ ) sebagaimana yang dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3.

Tabel 4.2. Hasil uji normalitas kadar eritrosit

Pengukuran	Kelompok	Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
Pre	K I	0,847	9	0,069
	K II	0,954	9	0,731
	K III	0,870	9	0,124
Post	K I	0,975	9	0,935
	K II	0,907	9	0,297
	K III	0,903	9	0,271
Selisih Pre-Post	K I	0,944	9	0,627
	K II	0,952	9	0,715
	K III	0,977	9	0,946

Tabel 4.3. Hasil uji homogenitas varian kadar eritrosit *pre* dan *post test*

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Pre	0,158	2	24	0,855
Post	1,071	2	24	0,359
Selisih Pre-Post	3,272	2	24	0,055

Hasil uji t berpasangan dapat dilihat pada Tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4.4. Hasil uji t berpasangan

Kelompok	Pengukuran	Rata-rata	$p\text{-value}$	Keterangan
K I	<i>Pre</i>	7.69	0,024	Signifikan
	<i>Post</i>	9.33		
K II	<i>Pre</i>	7.91	0,216	Tidak signifikan
	<i>Post</i>	8.32		
K III	<i>Pre</i>	8.00	0,001	Signifikan
	<i>Post</i>	7.17		

Tabel 4.4. menunjukkan peningkatan rata-rata kadar eritrosit kelompok kontrol pada pengukuran *post test* adalah signifikan. Hal ini menunjukkan terdapat faktor lain yang berpengaruh terhadap kenaikan kadar eritrosit pada kelompok kontrol, sedangkan pada kelompok tikus yang dipapar sinar ultraviolet dari detektor uang 4 jam/hari selama 15 hari,

peningkatan rata-rata kadar eritrosit pada pengukuran *post test* tidak signifikan dibandingkan dengan pengukuran *pre test*. Hal ini menunjukkan kadar eritrosit setelah tikus dipapar sinar ultraviolet yang berasal dari detektor uang 4 jam/hari selama 15 hari tidak jauh berbeda dengan kadar eritrosit sebelum tikus dipapar sinar ultraviolet dari detektor uang. Dapat dikatakan paparan sinar ultraviolet 4 jam/hari selama 15 hari belum dapat mempengaruhi kadar eritrosit tikus.

Pada kelompok ketiga (K III), perbedaan kadar eritrosit tikus *pre* dan *post test* berbeda secara signifikan dimana rata-rata kadar eritrosit pada pengukuran *post test* lebih rendah daripada rata-rata kadar eritrosit pada pengukuran *pre test*. Hal ini menunjukkan paparan sinar ultraviolet 8 jam/hari selama 15 hari dapat mempengaruhi kadar eritrosit tikus.

Selanjutnya untuk mengetahui perubahan kadar eritrosit antar kelompok dilakukan uji *one way anova* terhadap data selisih kadar eritrosit pada pengukuran *pre* dan *post test*. Uji ini dilakukan terkait dengan distribusi normalitas data dan homogenitas varian yang terpenuhi ( $p > 0,05$ ).

Uji *one way anova* menghasilkan *p-value* sebesar 0,001, menunjukkan rata-rata perubahan kadar eritrosit pada pengukuran *pre* dan *post* berbeda secara signifikan. Hal ini menunjukkan ada pengaruh lama paparan sinar ultraviolet detektor uang terhadap kadar eritrosit pada tikus putih jantan galur wistar. Untuk mengetahui kelompok mana saja yang menunjukkan perbedaan tersebut dilakukan uji *post hoc tukey* yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Hasil uji *post hoc tukey*

Kelompok		Sig.	Keterangan
K I	K II	.089	Tidak signifikan
K I	K III	.000	Signifikan
K II	K III	.086	Tidak signifikan

Tabel 4.5. menunjukkan perbedaan rata-rata perubahan kadar eritrosit pada pengukuran *pre* dan *post* yang signifikan secara statistik hanya terjadi antara kelompok kontrol dengan kelompok tikus yang dipapar sinar ultraviolet detektor uang 8 jam/hari selama 15 hari. Serupa dengan hasil uji t berpasangan, hal ini menunjukkan paparan ultraviolet selama 8 jam/hari dalam 15 hari berturut-turut dapat mempengaruhi kadar eritrosit tikus.

Perbedaan rata-rata perubahan kadar eritrosit pada pengukuran *pre* dan *post* yang tidak signifikan terjadi antara kelompok kontrol dengan kelompok kedua. Hal ini menunjukkan paparan sinar ultraviolet selama 4 jam/hari dalam 15 hari berturut-turut belum dapat mempengaruhi kadar eritrosit tikus. Perbedaan rata-rata perubahan kadar eritrosit pada pengukuran *pre* dan *post* yang tidak signifikan juga terjadi antara kelompok kelompok kedua dengan kelompok ketiga. Hal ini menunjukkan perubahan kadar eritrosit pada pengukuran *pre* dan *post test* pada kelompok tikus yang dipapar sinar ultraviolet 4 jam/hari maupun 8 jam/hari selama 15 hari berturut-turut relatif sama. Namun karena perbandingan perubahan rata-rata kadar eritrosit antara kelompok kontrol dan kelompok ketiga berbeda secara signifikan, maka disimpulkan bahwa waktu paparan sinar ultraviolet 8 jam/hari yang bisa mempengaruhi kadar eritrosit.

## 4.2. Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan lama paparan sinar ultraviolet dapat menyebabkan penurunan kadar eritrosit. Semakin lama waktu pajanan, semakin rendah kadar eritrosit. Hal ini mendukung pendapat yang dikemukakan oleh Sadikin (2001) bahwa pajanan sinar ultraviolet dapat menyebabkan molekul  $O_2$  menyerap energi elektronik ultraviolet, sehingga mengambil satu spin paralel menjadi spin antiparalel, dan berakibat nilai total momentum angularnya menjadi nol ( $S = \frac{1}{2} + (-\frac{1}{2}), S = 0$ ). Keadaan ini disebut dengan posisi singlet. Molekul  $O_2$  singlet mempunyai energi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan  $O_2$  triplet. Sehingga molekul  $O_2$  singlet bersifat tidak stabil serta dapat memicu terbentuknya radikal bebas.

Membran eritrosit yang di dalamnya terdapat hemoglobin merupakan membran sel rentan yang rentan terhadap serangan radikal bebas, jika sinar ultraviolet menyerang membran tersebut terutama lipid, akan terbentuk radikal lipida ( $R^0$ ). Kemudian radikal lipida ( $R^0$ ) akan bertemu dengan oksigen membentuk radikal peroksida ( $ROO^0$ ).  $ROO^0$  yang terbentuk akan mengekstrak ion hidrogen dari lipida lain ( $R_1H$ ) membentuk hidroperoksida ( $ROOH$ ) dan molekul radikal lipida baru ( $R_1^0$ ). Selanjutnya reaksi ini akan berulang sehingga merupakan reaksi berantai (Trilaksani, 2003). Adanya reaksi peroksidasi lipid tersebut menyebabkan berkurangnya fluiditas, *cross linking*, struktur dan fungsi membran tersebut, sehingga dalam keadaan yang lebih ekstrim akan menyebabkan eritrosit lisis (Indera dkk, 2006). Radikal

bebas dapat menyebabkan stress oksidatif, yang pada akhirnya menyebabkan eritrosit mengalami kerusakan (Lautan, 1997).

Perbedaan perubahan rata-rata kadar eritrosit *pre-post* yang tidak signifikan antara K I dan K II menunjukkan lama paparan 4 jam/hari selama 15 hari belum cukup dapat mempengaruhi kadar eritrosit tikus. Sedangkan perbedaan perubahan rata-rata kadar eritrosit *pre-post* pada K II dan K III menunjukkan perbedaan lama paparan tidak berpengaruh terhadap kadar eritrosit, hal ini disebabkan karena terdapat beberapa sampel yang justru memiliki kadar eritrosit yang meningkat setelah dipapar sinar ultraviolet detektor uang baik selama 4 jam/hari maupun 8 jam/hari. Peningkatan kadar eritrosit ini terjadi karena terdapat faktor-faktor yang turut mempengaruhi temuan laboratorium, seperti: 1) pH plasma, suhu, konsentrasi glukosa, dan saturasi oksigen pada darah 2) Eritrosit yang berumur lama cenderung memiliki fragilitas osmotik yang tinggi, dan 3) Sampel darah yang diambil lebih dari 3 jam dapat menunjukkan peningkatan fragilitas osmotik.

Terdapat kendala dalam penelitian ini yaitu jarak yang harus ditempuh antara laboratorium pemeriksaan sampel darah dengan tempat pemberian perlakuan pada hewan coba, sehingga ditemukan beberapa sampel darah yang beku, sementara sampel darah tidak diberi EDTA untuk mengantisipasi kecepatan proses pembekuan sampel darah tersebut.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

- 5.1.1. Jumlah rata-rata kadar eritrosit pada tikus putih jantan galur wistar sebelum perlakuan pada kelompok kontrol adalah 7,69 juta  $\text{mm}^3$  dan setelah perlakuan adalah 9,28 juta  $\text{mm}^3$ .
- 5.1.2. Jumlah rata-rata kadar eritrosit pada tikus putih jantan galur wistar sebelum perlakuan adalah 7,94 juta  $\text{mm}^3$  dan setelah dipapar sinar ultraviolet detektor uang selama 4 jam adalah 8,32 juta  $\text{mm}^3$ .
- 5.1.3. Jumlah rata-rata kadar eritrosit pada tikus putih jantan galur wistar sebelum perlakuan adalah 8,00 juta  $\text{mm}^3$  dan setelah dipapar sinar ultraviolet detektor uang selama 8 jam adalah 7,17 juta  $\text{mm}^3$ .
- 5.1.4. Perbedaan rata-rata kadar eritrosit pada tikus putih jantan galur wistar antara kelompok kontrol dan kelompok yang dipapar sinar ultraviolet 8 jam adalah signifikan, sedangkan perbedaan rata-rata kadar eritrosit pada tikus putih jantan galur wistar antara kelompok kontrol dan kelompok yang dipapar sinar ultraviolet 4 jam tidak signifikan. Demikian halnya dengan perbedaan rata-rata kadar eritrosit pada tikus putih jantan galur wistar antara kelompok yang dipapar sinar ultraviolet 4 jam dan 8 jam, juga tidak signifikan.
- 5.1.5. Lama paparan sinar ultraviolet detektor uang berpengaruh terhadap kadar eritrosit pada tikus putih jantan galur wistar.

## 5.2.Saran

- 5.2.1. Melakukan pemeriksaan sampel darah sesegera mungkin agar sampel darah tidak membeku dengan pemberian EDTA yang cukup.
- 5.2.2. Perlu dilakukan penelitian tentang upaya untuk menangkal timbulnya radikal bebas, yaitu perlu penelitian lebih lanjut tentang antioksidan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Alatas, Z., 2003, *Efek Radiasi Pengion dan Non Pengion Pada Manusia*, Buletin Alara, volume 5 (2&3) : 99-112
- Arbi, Z., 13-4-2005. *Gejala Stroke dan Sinar Matahari*. <http://www.biofer.com> dikutip tgl 27-1-2008
- Bunawas, 1999, *Radiasi Ultraviolet dari Matahari dan Resiko Kanker Kulit*, Cermin Dunia Kedokteran, (122) : 9-12
- Gabriel, J.F. 1996 . *Fisika kedokteran*, Edisi 2, EGC, Jakarta : 286–287
- Gary Zeman, ScD, CHP. 09-04-2003. *Ultraviolet radiation*. <http://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet> dikutip tgl 25.2.2011
- Ginting, Elias diana., 26-01-2009. *Deteksi Tepi Menggunakan Metode Canny dengan Matlab untuk Membedakan Uang Asli dan Uang Palsu*. [http://www.gunadarma.ac.id/library/articlesgraduateindustrial-technology2009Artikel\\_50404934](http://www.gunadarma.ac.id/library/articlesgraduateindustrial-technology2009Artikel_50404934) dikutip 10.11.2010
- Guyton and Hall, 1996, *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*, Edisi 7, EGC, Jakarta : 52-54
- Hoffbrand, A, V., Petiit, J, E., Moss, P, A, H., 2005, *Kapita Selekt Hematologi*, Edisi 4, EGC, Jakarta : 15-17
- Indera, D., Mayasari., Paramita, D., Ramadhan, E., Yunanto, K, A., 11-6-2006, *Korelasi Aktivitas Antioksidan Tumbuhan Rawa Dengan Ketahanan Membran Eritrosit Diinduksi Timbal (pb)*. <http://www.pkm.dikti.net> dikutip tgl 16-2-2008
- Junguire, L, C., 2002, *Histologi Dasar*, Edisi 8, EGC, Jakarta : 228-229
- Kumalaningsih, S., 2007, *Antioksidan Alami*, Edisi 2, Trubus Agrisarana, Surabaya :16-40
- Kusumawati, D., 2004, *Bersahabat Dengan Hewan Coba*, Edisi 1, Gajah Mada University Press, Yogyakarta : 73
- Lautan, J., 1997, *Radikal Bebas pada Eritrosit dan Lekosit*, Cermin Dunia Kedokteran, (166) : 49-51



- Misnadiarly, A, S., 2006 *Faktor-Faktor yang Berpengaruh Terhadap Kesehatan Kulit*, Cermin Dunia Kedokteran, (152) :22-24
- Muhaimin, 2001, *Teknologi Pencahayaan*, Edisi 2, Refika Aditama, Bandung :25-27
- Sadikin, M., 2001, *Pelacakan Dampak Radikal Bebas Terhadap Biomolekul*, Disampaikan pada Pelatihan Radikal Bebas dan Antioksidan Dalam Kesehatan : Dasar, Aplikasi dan Pemanfaatan Bahan Alam, Jakarta, 17-21
- Sherwood, L., 2001. *Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem*, Edisi 2, EGC, Jakarta :347-349
- Sjamsul, Arief., 16-03-2010. *Radikalbebas*. <http://www.pediatrik.com/buletin/06224113752-x0zu6l.doc> dikutip tgl 19.03.2011
- Sofia, Dina. 24-12-2007. *Antioksidan dan Radikal Bebas*. <http://www.chemistry.org> dikutip tgl 1.1.2008
- Suharsono, E., Fujiati., Panghiyangan, R., 2004, *Pengaruh Vitamin C Terhadap Kadar Hemaglobin Pada Tikus Wistar Sprague Dawley Yang Dipajan Sinar Ultraviolet*, Jurnal Kedokteran Yarsi 12 (1) : 42-45
- Susongko, Wahyu. 23-05-2011. *Pengaruh Radiasi Elektromagnetik yang dihasilkan oleh perangkat elektronik rumah tangga terhadap kesehatan penghuninya*. <http://www.scribd.com/doc/56578525/artikel-PLH> dikutip tgl 26-06-2011
- Trilaksani, Wini. 11-6-2003. *Antioksidan : Jenis, Sumber, Mekanisme Kerja dan Peran Terhadap Kesehatan*. <http://tumoutou.net> dikutip tgl 2.12.2007