

**PENGARUH LAMA PAPARAN SINAR ULTRAVIOLET DETEKTOR
UANG TERHADAP KADAR HEMOGLOBIN**

Studi eksperimental pada tikus putih jantan galur wistar

Karya Tulis Ilmiah

Untuk memenuhi sebagian persyaratan

Untuk mencapai gelar Sarjana Kedokteran



Oleh :

Disi Muhaymin Robita

01.207.5367

**FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2011

KARYA TULIS ILMIAH
PENGARUH LAMA PAPARAN SINAR ULTRAVIOLET DETEKTOR
UANG TERHADAP KADAR HEMOGLOBIN

Studi eksperimental pada tikus putih jantan galur wistar

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

Disi Muhaymin Robita

01.207.5367

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 22 September 2011
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

Pembimbing I



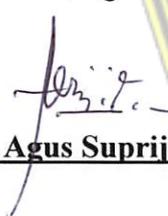
Drs. H. Purwito Soegeng P., M.Kes

Anggota Tim Penguji



dr. M. Soffan

Pembimbing II



dr.HM. Agus Suprijono, M.Kes



dr. H. Muhtarom, M.Kes

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 : Disi Muhaymin Robita

Nim : 01. 207. 5367

Dengan ini menyatakan bahwa Karya Tulis Ilmiah yang berjudul :

**“ PENGARUH LAMA PAPARAN SINAR ULTRAVIOLET DETEKTOR
UANG TERHADAP KADAR HEMOGLOBIN”**

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



Disi Muhaymin Robita

PRAKATA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat 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 Hemoglobin 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 Soengeng, 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. H. Muhtarom, 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. Ayahku dr. H. Yumnun Rosyidi (alm) dan ibuku Wiwik Budi Putri, SH., serta adik-adikku (Dinal Muhammadi dan Syafira Rosyada) 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 GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
INTISARI	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Hemoglobin.....	5
2.1.1 Definisi.....	5
2.1.2 Struktur kimia	5
2.1.3 Sintesis Hemoglobin	6
2.1.4 Fungsi Hemoglobin.....	8
2.1.5 Faktor yang mempengaruhi kadar Hemoglobin	9

2.2	Sinar Ultraviolet.....	12
2.2.1	Definisi.....	12
2.2.2	Radiasi Sinar Ultraviolet.....	13
2.2.3	Manfaat Sinar Ultraviolet	15
2.2.4	Dampak Sinar Ultraviolet	16
2.2.5	Radikal bebas sinar ultraviolet.....	18
2.2.6	Sinar ultraviolet detektor uang.....	27
2.3	Hewan coba (Tikus putih galur wistar / <i>rattus norvegicus</i> <i>strain wistar</i>).....	28
2.4	Mekanisme pengaruh paparan sinar ultraviolet detektor uang terhadap kadar hemoglobin.....	28
2.5	Kerangka Teori	30
2.6	Kerangka Konsep.....	31
2.7	Hipotesis	31
BAB III METODE PENELITIAN		
3.1	Jenis Penelitian dan Rancangan Penelitian.....	32
3.2	Variabel dan Definisi Operasional.....	32
3.3	Populasi dan Sampel	33
3.4	Instrumen dan Bahan Penelitian	34
3.5	Cara Penelitian	35
3.6	Tempat dan Waktu.....	36
3.7	Alur Penelitian	38
3.8	Analisis Hasil	39

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian	40
4.2 Pembahasan	45

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan	48
5.2 Saran	49

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur heme (Hoffbrand, 2005).....	5
Gambar 2.2. sintesis hemoglobin dalam eritrosit (Hoffbrand, 2005)	7
Gambar 4.1. Rerata kadar hemoglobin pre dan post test kelompok	41



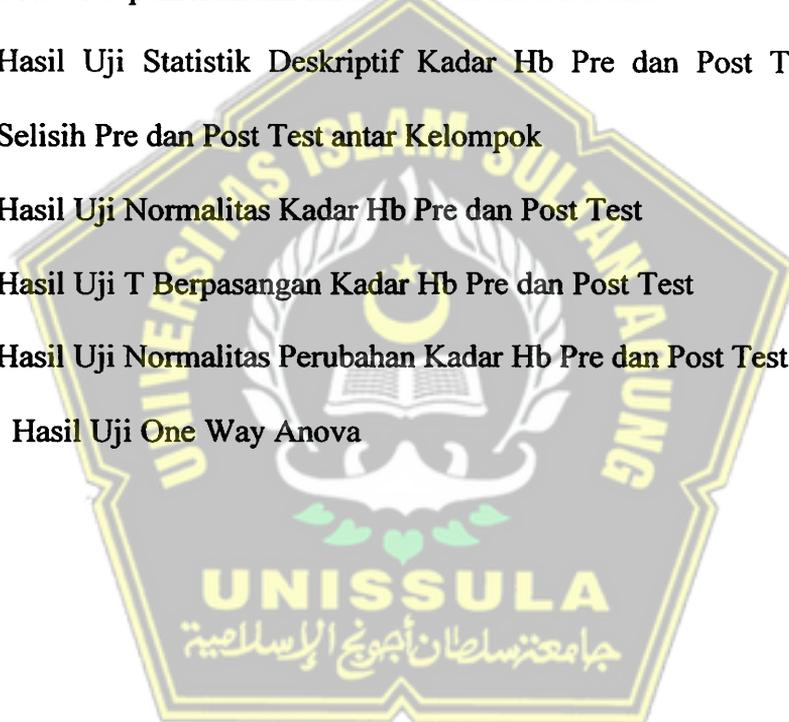
DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hemoglobin normal pada darah orang dewasa (Hoffbrand, 2005).	7
Tabel 4.1. Rerata kadar hemoglobin pre dan post test kelompok (gr/dl).....	41
Tabel 4.2. Hasil uji normalitas kadar hemoglobin <i>pre</i> dan <i>post test</i>	42
Tabel 4.3. Hasil uji homogenitas varian kadar hemoglobin	42
Tabel 4.4. Hasil uji t berpasangan.....	43
Tabel 4.5. Hasil uji <i>post hoc tukey</i>	44



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Surat Keterangan penelitian dari UNNES
- Lampiran 2. Kadar Hb (g/dl) pada berbagai kelompok perlakuan (Pre Test)
- Lampiran 3. Kadar Hb (g/dl) 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 Hb Pre dan Post Test, dan Selisih Pre dan Post Test antar Kelompok
- Lampiran 7. Hasil Uji Normalitas Kadar Hb Pre dan Post Test
- Lampiran 8. Hasil Uji T Berpasangan Kadar Hb Pre dan Post Test
- Lampiran 9. Hasil Uji Normalitas Perubahan Kadar Hb 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. 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 dan menyebabkan terlepasnya hemoglobin (Hb). Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh lama paparan sinar ultraviolet detektor uang terhadap kadar hemoglobin pada tikus putih jantan galur wistar.

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

Perbedaan rata-rata kadar Hb *pre* dan *post* pada KI dan KII tidak signifikan (masing-masing $p = 0,069$ dan $0,107$), perbedaan rata-rata kadar Hb K III signifikan ($p = 0,002$). Perbedaan rata-rata perubahan kadar Hb antar ketiga kelompok ($p = 0,000$), dan rata-rata perubahan kadar Hb antara K I dengan K II dan KIII signifikan (masing-masing p sebesar $0,034$ dan $0,000$), rata-rata perubahan kadar Hb antara K II dan KIII tidak signifikan ($p = 0,082$).

Lama paparan sinar ultraviolet detektor uang berpengaruh terhadap kadar hemoglobin pada tikus putih jantan galur wistar.

Kata kunci: sinar ultraviolet detektor uang, kadar hemoglobin

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 penggunaanya (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). 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°). Kemudian radikal lipida (R°) akan bertemu dengan oksigen membentuk radikal peroksida (ROO°). Radikal peroksida yang terbentuk akan mengekstrak ion hidrogen dari lipida lain (R_1H) membentuk hidroperoksida ($ROOH$) dan molekul radikal lipida baru (R_1°). 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).

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 hemoglobin 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 hemoglobin pada tikus putih jantan galur wistar

1.3.2 Tujuan khusus

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

- 1.3.2.2 Mengetahui jumlah rata-rata kadar hemoglobin 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 hemoglobin 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 hemoglobin 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 Hemoglobin

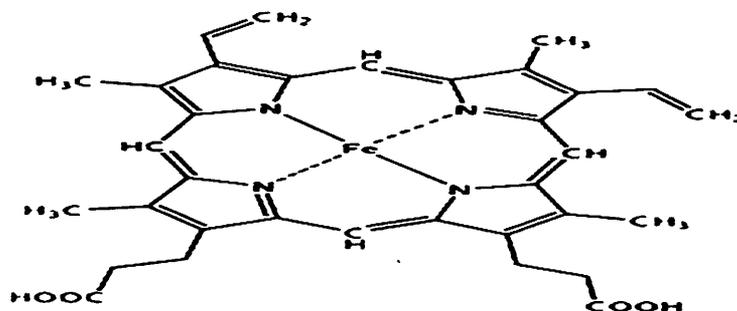
2.1.1 Definisi

Hemoglobin merupakan suatu kandungan yang terdapat dalam sel darah merah (eritrosit) (Hoffbrand, 2005),serta di bentuk oleh eritrosit yang berkembang dalam sumsum tulang (Dorland, 2006).

2.1.2 Struktur kimia

Satu molekul hemoglobin mengandung empat rantai polipeptida globin antara lain ($\alpha 1, \alpha 2, \beta 1, \beta 2$), terbentuk antara 141 dan 146 asam amino, paling sering dinyatakan dengan rantai alpha dan betha (Dorland, 2006). Pada rantai polipeptida mengalami perubahan konformasional dan bergerak satu sama lain ketika mengikat O_2 dan CO_2 . 2,3 – difosfoglisarat (2,3 – DpG) berikatan diantara rantai – rantai β untuk mengurangi afinitas terhadap O_2 dan memungkinkan pelepasan O_2 ke jaringan (Hoffbrand, 2005).

Struktur kimia heme tampak seperti gambar 2.1. di bawah ini :



Gambar 2.1. Struktur heme (Hoffbrand, 2005)

Molekul hemoglobin terdiri dari dua bagian, bagian globin yaitu satu protein yang terbentuk dari empat rantai polipeptida yang sangat berlipat lipatan, dan gugus nitrogenosa non protein mengandung besi yang di kenal sebagai gugus heme, yang masing – masing terikat ke satu polipeptida. Setiap atom besi dapat berikatan secara reversible dengan satu molekul oksigen. Karena oksigen kurang larut dalam plasma, 98,5% O₂ yang di angkut dalam darah terikat pada hemoglobin (Sherwood, 2001).

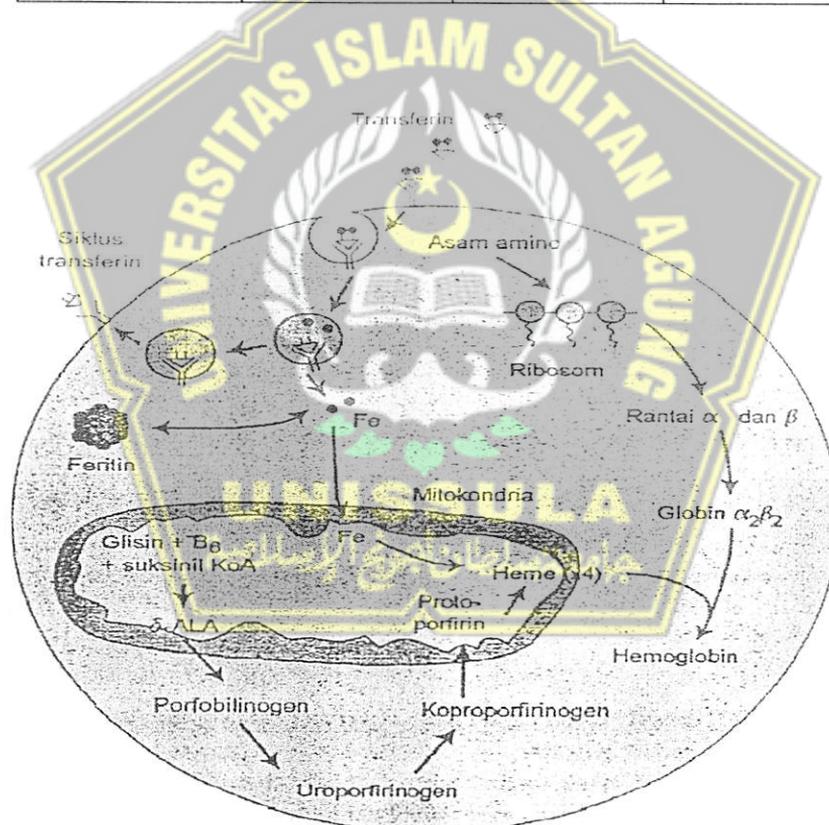
2.1.3 Sintesis Hemoglobin

Proses pembentukan hemoglobin terjadi di sumsum tulang melalui stadium pematangan yang di dahului dengan sintesis heme. Pada orang dengan berat badan 70kg, diperkirakan terdapat 900 gram hemoglobin dalam darah, 0,3 gram di hancurkan dan 0,3 gram disintesis setiap jam (Sherwood, 2001). Sintesis heme terutama terjadi di mitokondria melalui suatu rangkaian reaksi biokimia yang bermula dengan kondensasi glisin dan suksinil koenzim A oleh kerja enzim kunci yang bersifat membatasi kecepatan reaksi yaitu asam α – aminolevulinat (ALA) sintase. Piridoksal fosfat (vitamin B6) adalah suatu koenzim untuk reaksi ini, yang dirangsang oleh eritropoietin. Kemudian protoporphirin bergabung dengan besi dalam bentuk ferro untuk membentuk heme, masing-masing molekul heme bergabung satu rantai globin yang dibuat pada poliribosom. Suatu tetramer yang terdiri dari empat rantai globin masing-masing dengan gugus

hemanya sendiri dalam suatu “kantong” kemudian dibentuk untuk menyusun satu molekul, serta beberapa nilai normal hemoglobin pada darah orang dewasa (Hoffbrand, 2005).

Tabel 1. Hemoglobin normal pada darah orang dewasa (Hoffbrand, 2005).

	HbA	HbF	HbA ₂
Struktur	$\alpha_2\beta_2$	$\alpha_2\gamma_2$	$\alpha_2\delta_2$
Normal (%)	96-98	0,5-0,8	1,5-3,2



Gambar 2.2. sintesis hemoglobin dalam eritrosit (Hoffbrand, 2005).

2.1.4 Fungsi Hemoglobin

Eritrosit dipenuhi oleh hemoglobin, yaitu molekul yang mengandung besi yang dapat berikatan dengan oksigen secara longgar dan reversible. Karena oksigen sukar larut dalam plasma, maka hemoglobin merupakan pengangkut oksigen yang utama. Hemoglobin juga berperan dalam transportasi karbondioksida (CO_2) dan sebagai senyawa penyangga darah dengan berikatan secara reversible dengan CO_2 dan H^+ (Sherwood, 2001). Oksigen yang diangkut hemoglobin dari paru-paru ke jaringan tubuh akan di berikan ke mioglobin (Hb dan otot) dan disimpan sebagai sumber electron pada reaksi oksidasi-reduksi.

Selanjutnya oksigen akan dikirim ke organel sel yang mengkonsumsi oksigen yang kemudian digunakan dalam proses oksidasi untuk menghasilkan energy. Energi itulah yang akan digunakan tubuh untuk beraktifitas. Pada hemoglobin tersebut besi berperan sebagai pusat pengikat oksigen karena besi memiliki kecenderungan cukup besar untuk mengikat oksigen sehingga pengangkutan oksogen dalam tubuh dapat berjalan (Imantara, 2006).

2.1.5 Faktor yang mempengaruhi kadar Hemoglobin

Menurut Nabili (2008), kadar hemoglobin seseorang dapat di pengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain:

2.1.5.1 Usia

Semakin muda umur ibu hamil, semakin berisiko untuk terjadinya anemia. Hal ini didukung oleh penelitian Adebisi dan Strayhorn (2005) di USA bahwa ibu remaja memiliki prevalensi anemia kehamilan lebih tinggi dibanding ibu berusia 20 sampai 35 tahun. Hal ini dapat dikarenakan pada remaja, Fe dibutuhkan lebih banyak karena pada masa tersebut remaja membutuhkannya untuk pertumbuhan, ditambah lagi jika hamil maka kebutuhan akan Fe lebih besar seperti yang sudah dijelaskan pada riwayat alamiah. Selain itu, faktor usia yang lebih muda dihubungkan dengan pekerjaan, status sosial ekonomi dan pendidikan yang kurang

2.1.5.2 Jenis kelamin

Berbagai kadar dan aktifitas zat dipengaruhi oleh jenis kelamin. Kadar besi serum dan hemoglobin berbeda pada wanita dan pria dewasa. Perbedaan ini akan menjadi tidak bermakna lagi setelah umur lebih dari 65 tahun. Perbedaan lain berdasarkan jenis kelamin adalah aktifitas CK dan kreatinin. Perbedaan ini lebih disebabkan karena massa otot pria relatif lebih besar daripada wanita. Sebaliknya, kadar

hormon seks wanita, prolaktin, dan kolesterol-HDL akan dijumpai lebih tinggi pada wanita

2.1.5.3 Letak geografis

Pada suatu daerah yang dengan ketinggian yang sangat tinggi, dimana jumlah oksigen yang di angkut ke jaringan tidak cukup dan produksi sel darah merah meningkat. Jadi bukan konsentrasi sel darah merah dalam darah yang mengatur kecepatan produksi, melainkan kemampuan fungsional sel untuk mengangkut oksigen ke jaringan sehubungan dengan kebutuhannya akan oksigen (Guyton, 1997).

2.1.5.4 Kehamilan

Bila pemeriksaan dilakukan pada wanita hamil, pada saat interpretasi hasil perlu mempertimbangkan masa kehamilan wanita tersebut. Pada kehamilan akan terjadi hemodilusi (pengenceran darah) yang dimulai pada minggu ke-10 kehamilan dan terus meningkat sampai minggu ke-35 kehamilan. Volume urine akan meningkat 25% pada trimester ke-3. Selama kehamilan akan terjadi perubahan kadar hormon kelenjar tiroid, elektrolit, besi, ferritin, protein total, albumin, lemak, aktifitas fosfatase alkali, faktor koagulasi dan kecepatan endap darah. Perubahan tersebut dapat disebabkan karena induksi oleh kehamilan, peningkatan protein transport, hemodilusi, peningkatan volume tubuh, defisiensi relative

karena peningkatan kebutuhan atau peningkatan protein fase akut.

2.1.5.5 Gizi

Terjadinya anemia pada ibu hamil juga dapat disebabkan karena defisiensi Fe, asam folat dan vitamin B dalam makanan. Defisiensi ini dapat terjadi karena kebutuhan Fe yang meningkat, kurangnya cadangan dan berkurangnya Fe dalam tubuh ibu hamil.

2.1.5.6 Lingkungan

Pada lingkungan paling sering menderita anemia defisiensi besi ini biasanya anak-anak, remaja, wanita hamil, wanita yang menyusui dan pekerja yang berpenghasilan rendah, perubahan besar dalam jumlah penduduk dan kegiatan ekonomi dapat mengakibatkan perubahan kuantitas zat pencemar yang dibuang. Apabila oksigen atau nutrient yang dikonsumsi terkontaminasi oleh zat-zat pencemar yang berasal dari lingkungan, maka dapat meningkatkan kadar zat pencemar tersebut di dalam darah dan dapat mengganggu fungsi komponen darah (Zukhri, 2007).

Secara garis besar perkembangan hematopoiesis dibagi dalam 3 periode yaitu hematopoiesis yolk sac, hematopoiesis hati, dan hematopoiesis medular. Perkembangan system vaskuler dan hematopoiesis dimulai pada awal kehidupan

embrio dan berlangsung secara parallel atau bersamaan sampai masa dewasa mempunyai hubungan dengan lokasi anatomi yang menyokong hematopoiesis tersebut (Lubis, 2005).

Hormon androgen akan meningkatkan aktivitas dan meningkatkan potensi eritropoitein, sehingga hal ini di pakai sebagai salah satu alasan mengapa, kadar sel darah merah pada pria lebih banyak daripada wanita (Suyono, 2001).

Eritropoesis dalam kehamilan juga meningkat untuk memenuhi keperluan transport zat asam yang dibutuhkan sekali dalam kehamilan meskipun ada peningkatan dalam volume eritrosit secara keseluruhan, tetapi menambah volume plasma jauh lebih besar, sehingga konsentrasi hemoglobin dalam darah jadi lebih rendah (Prawiroharjo, 2002).

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. Kuantum energi radiasi (E) suatu gelombang elektromagnetik sama dengan konstanta dikalikan dengan frekuensi radiasi maka dapat dinyatakan dengan rumus:

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

$E_{(erg)}$ = 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 3×10^{10} cm/detik.

λ = 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 di gunakan 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 diatas menghasilkan reduksi dari oksigen diradikal dan pembentukan kelompok reaktif oksigen. Superoksida merupakan bentukan 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, lipoxigenase, 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 diselubungi imunoglobulin, kompleks imun, komplemen 5a, atau leukotrien dapat mengaktifkan enzim NADPH-oxidase. Aktivasi 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 menginaktivasi 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 aktivasi 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 teraktivasi. 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 (IO_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°) (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*

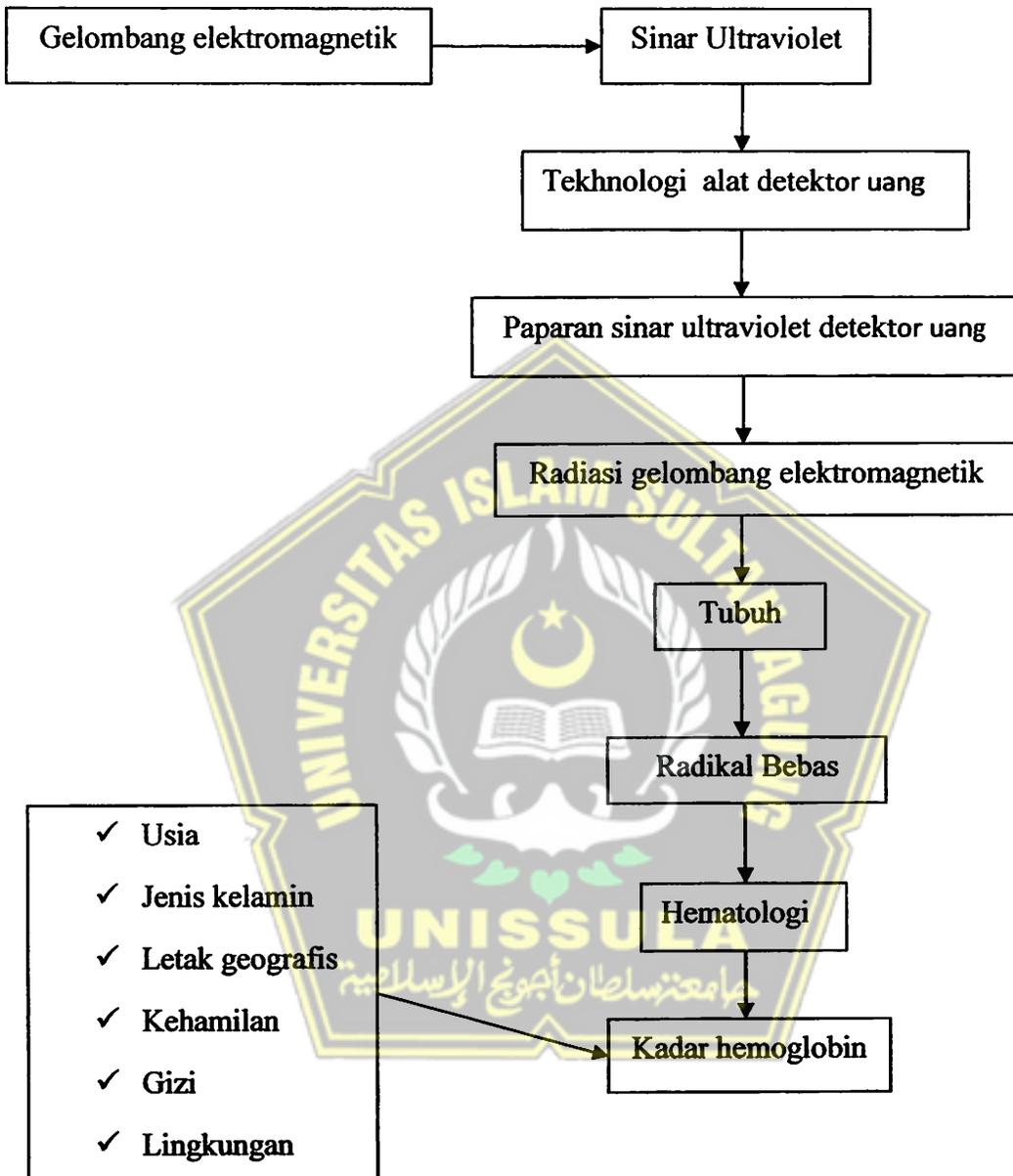
2.4 Mekanisme pengaruh paparan sinar ultraviolet detektor uang terhadap kadar hemoglobin

Sinar ultraviolet merupakan sumber eksogenus radikal bebas yang berasal dari alam (Kumalaningsih, 2007). Paparan sinar ultraviolet menyebabkan molekul O₂ menyerap energi elektronik ultraviolet, sehingga

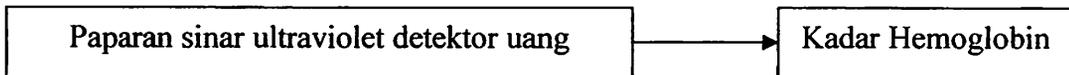
mengubah satu spin paralel menjadi spin antiparalel, dan berakibat nilai total momentum angularnya nol ($S=1/2 + (-1/2)$, $S=0$). Keadaan ini disebut dengan posisi singlet. Molekul O_2 singlet mempunyai energi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan O_2 triplet. Sehingga, molekul O_2 singlet bersifat 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^\bullet). Kemudian radikal lipida (R^\bullet) akan bertemu dengan oksigen membentuk radikal peroksida (ROO^\bullet). Radikal peroksida yang terbentuk akan mengekstrak ion hidrogen dari lipida lain (R_1H) membentuk hidroperoksida ($ROOH$) dan molekul radikal lipida baru (R_1^\bullet). 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 hemoglobin 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

- Variabel Bebas : Lama paparan sinar ultraviolet detektor uang
- Variabel Tergantung : Kadar hemoglobin tikus putih jantan yang dipapar sinar ultraviolet detektor uang

3.2.2. Definisi Operasional

a. Lama paparan sinar ultraviolet detektor uang

Ukuran panjang gelombang yang digunakan dengan berdasarkan didalam alat tersebut. 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 hemoglobin tikus putih jantan yang dipapar sinar ultraviolet detektor uang

Kadar hemoglobin adalah nilai kadar pigmen merah pembawa oksigen pada eritrosit tikus putih jantan galur wistar dalam satuan gr /dl yang diukur sebelum dan sesudah perlakuan dengan metode sianmethemoglobin (fotometri). Darah diambil melalui vena ophthalmica.

Skala: Rasio

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 :

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

Kriteri eksklusi :

1. Tikus mati dalam masa penelitian
2. 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, spektrofotometer, timbangan tikus, mikrohematokrit untuk mengambil darah tikus, pipet volumetrik.

3.4.2. Bahan Penelitian

Larutan drabkin untuk pereaksi, pelet pakan tikus 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 control
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 50cm.
5. Setelah dilakukan perlakuan selama 15 hari, seluruh tikus diambil sampel darah dari masing-masing kelompok untuk dilakukan perhitungan jumlah kadar hemoglobin.
6. Melakukan pengambilan darah tikus dengan menusukkan mikrohematokrit di vena *ophthalmica*.

7. Melakukan pengukuran kadar hemoglobin tikus dengan metode sianmethemoglobin setelah perlakuan.
8. Kadar hemoglobin dihitung dengan metode sianmethemoglobin (fotometri) Pereaksi yang digunakan adalah larutan Drabkin atau modifikasinya yang berisi kandungan :

- Kalium ferrosianida : 200 mg
- KCN : 50 mg
- KH₂PO₄ : 140 mg
- Deterjen : 0,5-1,0 ml
- Aquades : 1000 ml

Cara kerja metode sianmethemoglobin yaitu ke dalam tabung reaksi, pipetkan 5,0 ml pereaksi dengan mikropipet tambahkan 20 μ l darah tikus kedalam pereaksi tersebut serta hindarilah terjadinya gelembung dan bersihkan bagian luar mikropipet. Campurkan isinya dan biarkan pada suhu kamar 3-5 menit dan serapannya dibaca dalam spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm dengan pereaksi sebagai blangko. Setelah dilakukan perhitungan jumlah kadar hemoglobin, 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 hemoglobin 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 : K I : Kelompok Kontrol
 K II & K III : Kelompok Perlakuan
 P.S : Pakan Standar

3.8. Analisis Hasil

Hasil penelitian berupa data jumlah hemoglobin setelah mendapat perlakuan selama 15 hari. Untuk mengetahui pengaruh lama paparan sinar ultraviolet detektor uang terhadap kadar hemoglobin 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 hemoglobin tikus putih jantan galur wistar yang dipapar dengan sinar ultraviolet detektor uang selama 15 hari dari tanggal 18 Juli 2011 sampai dengan 4 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.

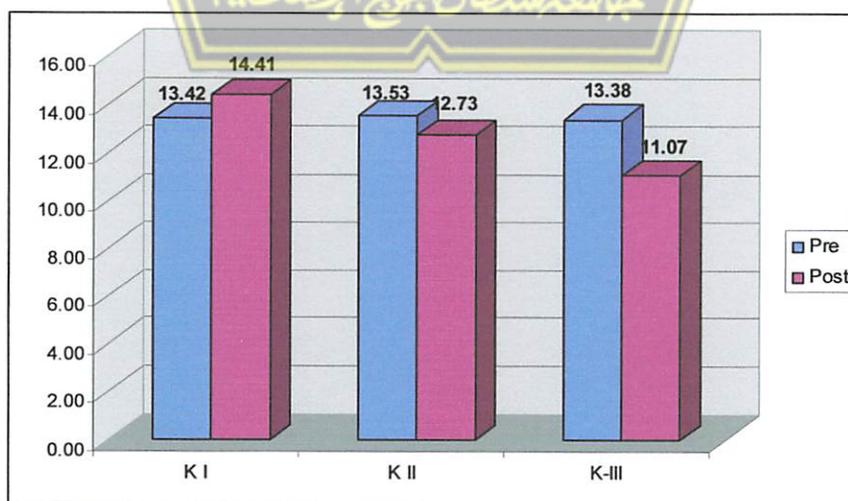
Selama penelitian berlangsung terdapat satu sampel darah pada kelompok kontrol mengalami beku sehingga tidak disertakan dalam analisis (*drop out/DO*). Bekunya sampel darah disebabkan oleh tenggang waktu yang lama sementara sampel darah tidak diberi EDTA untuk mengantisipasi pembekuan sampel darah sebelum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

Rerata kadar hemoglobin pre dan post test kelompok dapat dilihat pada Tabel 4.1. dan Gambar 4.1.

Tabel 4.1. Rerata kadar hemoglobin pre dan post test kelompok (gr/dl)

Kelompok	Pre	Post	Selisih Pre-Post
K I	13,42	14,41	0,99
K II	13,53	12,73	-0,80
K III	13,38	11,07	-2,31
Rata-rata	13.44	12.74	0.60

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



Gambar 4.1. Rerata Kadar Hb Pre-Post Antar Kelompok

Untuk mengetahui apakah perbedaan rata-rata hasil pengukuran kadar hemoglobin antar kelompok pada pengukuran *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 homogen ($p\text{-value} > 0,05$) sebagaimana terlihat pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3.

Tabel 4.2. Hasil uji normalitas kadar hemoglobin

Pengukuran	Kelompok	Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
<i>Pre</i>	K I	0,936	9	0,538
	K II	0,963	9	0,827
	K III	0,991	9	0,997
<i>Post</i>	K I	0,932	9	0,501
	K II	0,899	9	0,248
	K III	0,926	9	0,440
Selisih Pre-Post	K I	0,936	9	0,543
	K II	0,872	9	0,129
	K III	0,893	9	0,212

Tabel 4.3. Hasil uji homogenitas varian kadar hemoglobin

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
<i>Pre</i>	0,215	2	24	0,808
<i>Post</i>	0,725	2	24	0,495
Selisih Pre-Post	0,297	2	24	0,746

Hasil uji t berpasangan dapat dilihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hasil uji t berpasangan

Kelompok	Pengukuran	Rata-rata	<i>p-value</i>	Keterangan
K I	<i>Pre</i>	13.42	0,069	Tidak Signifikan
	<i>Post</i>	14.41		
K II	<i>Pre</i>	13.53	0,107	Tidak signifikan
	<i>Post</i>	12.73		
K III	<i>Pre</i>	13.38	0,002	Signifikan
	<i>Post</i>	11.07		

Tabel 4.4. menunjukkan peningkatan rata-rata kadar hemoglobin kelompok kontrol pada pengukuran *post test* adalah tidak signifikan. Hal ini menunjukkan tidak terjadi perubahan kadar hemoglobin pada kelompok kontrol, begitu juga pada kelompok tikus yang dipapar sinar ultraviolet dari detektor uang 4 jam/hari selama 15 hari, rata-rata kadar hemoglobin pada pengukuran *post test* tidak signifikan dibandingkan dengan pengukuran *pre test*. Hal ini menunjukkan kadar hemoglobin setelah tikus dipapar sinar ultraviolet detektor uang 4 jam/hari selama 15 hari tidak jauh berbeda dengan kadar hemoglobin sebelum tikus dipapar sinar ultraviolet dari detektor uang. Dapat dikatakan paparan sinar ultraviolet 4 jam/hari selama 15 hari belum dapat mempengaruhi kadar hemoglobin tikus.

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

Selanjutnya untuk mengetahui perubahan kadar hemoglobin antar kelompok dilakukan uji *one way anova* terhadap data selisih kadar hemoglobin 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 0,000, menunjukkan rata-rata perubahan kadar hemoglobin pada pengukuran *pre* dan *post* berbeda secara signifikan. Hal ini menunjukkan ada pengaruh lama paparan sinar ultraviolet detektor uang terhadap kadar hemoglobin 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	.034	Signifikan
K I	K III	.000	Signifikan
K II	K III	.082	Tidak signifikan

Tabel 4.5. menunjukkan perbedaan rata-rata perubahan kadar hemoglobin pada pengukuran *pre* dan *post* yang signifikan secara statistik terjadi antara kelompok kontrol dengan kelompok tikus yang dipapar sinar ultraviolet detektor uang 4 jam/hari dan 8 jam/hari selama 15 hari. Hal ini menunjukkan paparan ultraviolet selama 4 jam/hari dan 8 jam/hari dalam 15 hari berturut-turut dapat mempengaruhi perubahan kadar hemoglobin tikus.

Perbedaan rata-rata perubahan kadar hemoglobin pada pengukuran *pre* dan *post* yang tidak signifikan terjadi antara kelompok kedua dengan kelompok ketiga. Hal ini menunjukkan perubahan kadar hemoglobin 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 rata-rata kadar hemoglobin sebelum dan setelah perlakuan pada kelompok tikus yang dipapar sinar ultraviolet detektor uang selama 4 jam/hari tidak signifikan, maka disimpulkan bahwa waktu paparan sinar ultraviolet 8 jam/hari yang secara nyata dapat mempengaruhi kadar hemoglobin tikus putih jantan galur wistar.

4.2. Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan lama paparan sinar ultraviolet dapat menyebabkan penurunan kadar hemoglobin. Semakin lama waktu pajanan, semakin rendah kadar hemoglobin. 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. Radikal bebas dapat menyebabkan stress oksidatif, yang pada akhirnya menyebabkan eritrosit mengalami kerusakan (Lautan, 1997).

Membran eritrosit yang di dalamnya terdapat hemoglobin membran sel rentan terhadap serangan radikal bebas, jika sinar ultraviolet menyerang membran tersebut terutama lipid, akan terbentuk 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 lipit tersebut menyebabkan berkurangnya fluiditas, *cross linking*, struktur dan fungsi membran tersebut, sehingga dalam keadaan yang lebih ekstrim akan menyebabkan eritrosit lisis sementara di dalam eritrosit tersebut terdapat hemoglobin (Indera dkk, 2006).

Perbedaan rata-rata perubahan kadar Hb *pre* dan *post* yang tidak signifikan antara K II dan K III menunjukkan perbedaan lama paparan tidak berpengaruh terhadap kadar Hb, hal ini disebabkan karena terdapat beberapa sampel yang justru memiliki kadar Hb 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) pihak 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

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

- 5.1.1. Jumlah rata-rata kadar hemoglobin pada tikus putih jantan galur wistar sebelum perlakuan pada kelompok kontrol adalah 13,42 gr/dl dan setelah perlakuan adalah 14,41 gr/dl.
- 5.1.2. Jumlah rata-rata kadar hemoglobin pada tikus putih jantan galur wistar sebelum perlakuan adalah 13,53 gr/dl dan setelah dipapar sinar ultraviolet detektor uang selama 4 jam adalah 12,73 gr/dl.
- 5.1.3. Jumlah rata-rata kadar hemoglobin pada tikus putih jantan galur wistar sebelum perlakuan adalah 13,38 gr/dl dan setelah dipapar sinar ultraviolet detektor uang selama 8 jam adalah 11,07 gr/dl.
- 5.1.4. Perbedaan rata-rata kadar hemoglobin pada tikus putih jantan galur wistar antara kelompok kontrol dan kelompok yang dipapar sinar ultraviolet 4 jam dan 8 jam adalah signifikan, sedangkan perbedaan rata-rata kadar hemoglobin pada tikus putih jantan galur wistar antara kelompok yang dipapar sinar ultraviolet 4 jam dan 8 jam tidak signifikan.
- 5.1.5. Lama paparan sinar ultraviolet detektor uang berpengaruh terhadap kadar hemoglobin 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
- Dorland, 2006 . *Kamus Kedokteran*. EGC, Jakarta, 987
- 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 dianta., 26-01-2009. *Deteksi Tepi Menggunakan Metode Canny dengan Matlab untuk Membedakan Uang Asli dan Uang Palsu*. http://www.gunadarma.ac.id/library/articles/graduate/industrial-technology/2009/Artikel_50404934 dikutip 10.11.2010
- Guyton and Hall, 1997, *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
- Imantara, Leenawaty, 2006, *Kasiat dan Kegunaan Klorofil*, Widya sari Press, Salatiga, 8, 33
- 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 16-2-2009
- Kumalaningsih, S., 2007, *Antioksidan Alami*, Edisi 2, Trubus Agrisarana, Surabaya :16-40
- Kusumawati, D., 2004, *Bersahabat dengan hewan coba*, Gajah mada University Press, Yogyakarta, 73.

- Lautan, J., 1997, *Radikal Bebas pada Eritrosit dan Lekosit*, Cermin Dunia Kedokteran, (166) : 49-51
- Lubis, Bidasari, 2005, *Buku Ajar Hematologi-Onkologi Anak : Eritropoisis Ikatan Dokter Anak Indonesia*, Jakarta, 4
- 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
- Nabili, Siamak., 2008, <http://www.medianet.com/hemoglobin/article.htm> diakses tanggal 27 mei 2010
- Prawihardjo, S., 2002, *Ilmu Kebidanan*, Yayasan Bina Pustaka, Jakarta. 96
- 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. *Radikal bebas*. <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 1.1.2010
- 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
- Suyono, S. 2001, *Buku ajar Ilmu Penyakit Dalam*, Jilid II, Edisi 3, Balai penerbit Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, Jakarta, 495-449
- Trilaksani, Wini. 11-6-2003. *Antioksidan : Jenis, Sumber, Mekanisme Kerja dan Peran Terhadap Kesehatan*. <http://tumoutou.net> dikutip tgl 2.12.2009
- Zukhri, Saifudin, 2007, *Hubungan antara Kadar Timah Hitam (Pb) Darah dengan Kadar Hemoglobin pada Anak Jalanan dikota Yogyakarta*, Tesis, tidak dipublikasikan