

**SKRIPSI**

**PENGARUH LAMA PAPARAN MEDAN  
ELEKTROMAGNETIK *EXTREMELY LOW  
FREQUENCY (ELF)* TERHADAP GAMBARAN  
HISTOPATOLOGI HATI TIKUS PUTIH  
(*Rattus norvegicus*) STRAIN WISTAR JANTAN**



Oleh :

**DAVID NURHIDAYAT**  
**PONOROGO - JAWA TIMUR**

**FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
SURABAYA  
2003**

PENGARUH LAMA PAPAN MEDAN  
ELEKTROMAGNETIK EXTREMELY LOW  
FREQUENCY (ELF) TERHADAP GAMBARAN  
HISTOPATOLOGI HATI TIKUS PUTIH  
(Rattus norvegicus) STRAIN WISTAR JANTAN



Oleh

DAVID NUHIDAYAT  
PONOROGO - JAWA TIMUR

FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
SURABAYA  
2003

**SKRIPSI**

**PENGARUH LAMA PAPARAN MEDAN  
ELEKTROMAGNETIK *EXTREMELY LOW  
FREQUENCY (ELF)* TERHADAP GAMBARAN  
HISTOPATOLOGI HATI TIKUS PUTIH  
(*Rattus norvegicus*) STRAIN WISTAR JANTAN**



Oleh :

**DAVID NURHIDAYAT**  
**PONOROGO - JAWA TIMUR**

**FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
SURABAYA  
2003**

REKAM JEKAL LAMA PATARAN MEDAN  
ELEKTROMAGNETIK EXHIBIT LOW  
EFFICIENCY (ELF) TERHADAS GAMBARAN  
NEUROLOGI HATI LINGGUNG  
(Strain Wistar Jantan)

DAFTAR ISI  
DAFTAR ISI

MAJLIS MAHASISWA SATELIT  
UNIVERSITAS PADJARAN  
SUKABAYA  
2002

**SKRIPSI**

**PENGARUH LAMA PAPARAN MEDAN  
ELEKTROMAGNETIK *EXTREMELY LOW  
FREQUENCY (ELF)* TERHADAP GAMBARAN  
HISTOPATOLOGI HATI TIKUS PUTIH  
(*Rattus norvegicus*) STRAIN WISTAR JANTAN**



Oleh

**DAVID NURHIDAYAT**  
**PONOROGO - JAWA TIMUR**

**FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
SURABAYA  
2003**

2003

DAFTAR ISI  
BAB I PENDAHULUAN  
BAB II TINJAUAN UMUM  
BAB III METODE PENELITIAN  
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN  
BAB V PENUTUP



10

DAVID KURNIDAYAT  
PONDORO - JAWA TIMUR

FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
SURABAYA  
2003

**PENGARUH LAMA PAPARAN MEDAN ELEKTROMAGNETIK  
*EXTREMELY LOW FREQUENCY (ELF)* TERHADAP  
GAMBARAN HISTOPATOLOGI HATI  
TIKUS PUTIH (*Rattus norvegicus*)  
STRAIN WISTAR JANTAN**

Skripsi sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Kedokteran Hewan

Pada

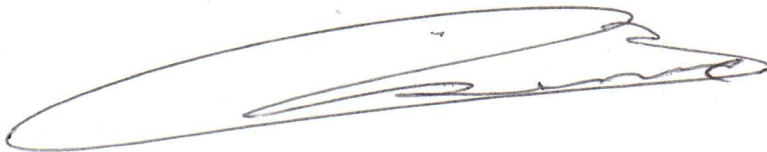
Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga

Oleh :

**DAVID NURHIDAYAT**

069612319

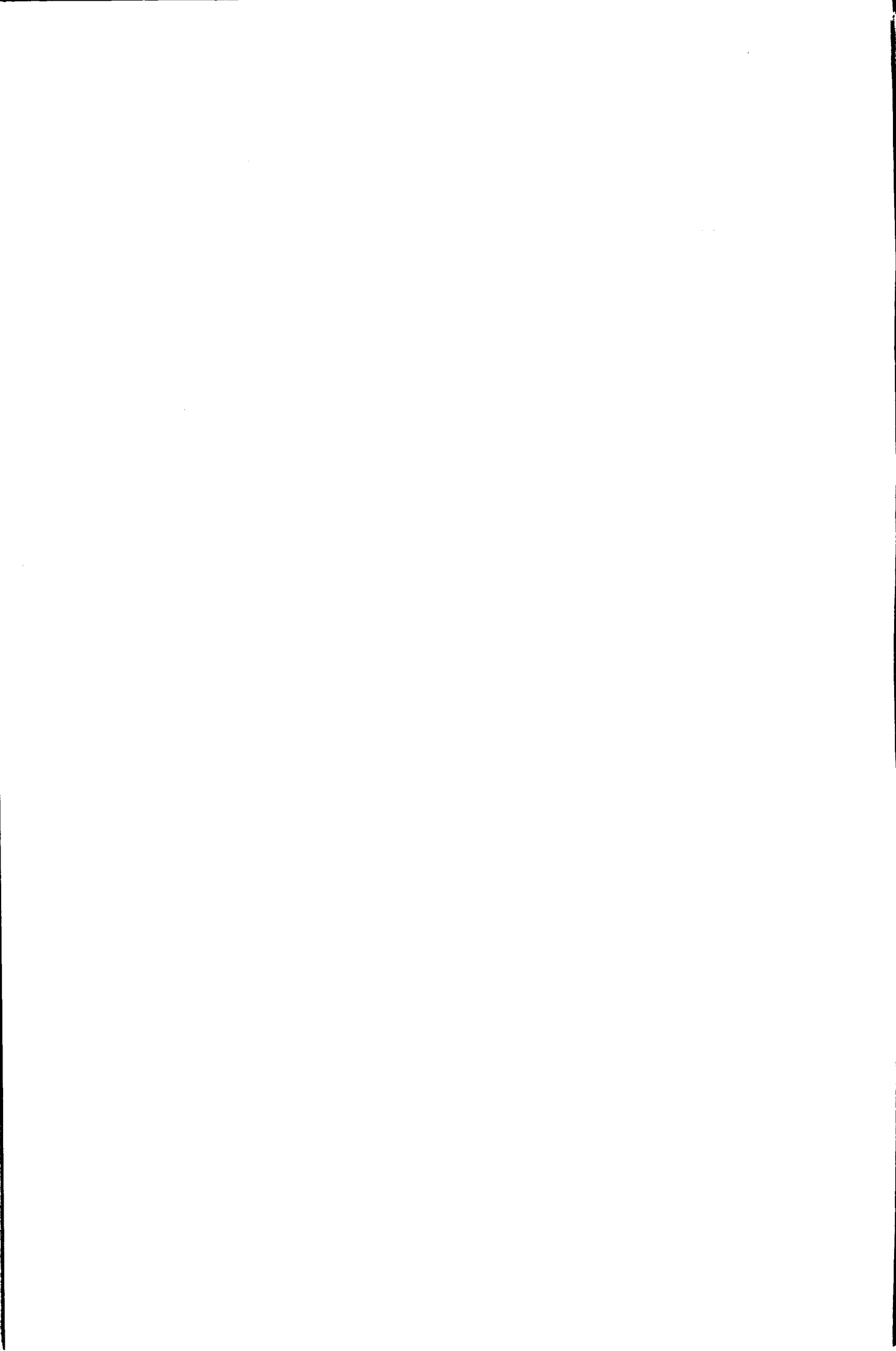
Menyetujui



Dr. Bambang Sektiari L., DEA., drh  
Pembimbing I



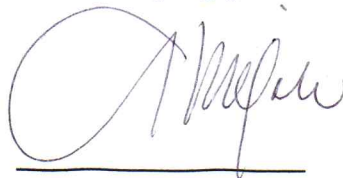
Dr. I Komang Wiarsa S., drh  
Pembimbing II





Setelah mempelajari dan menguji dengan sungguh, kami berpendapat bahwa tulisan ini baik ruang lingkup maupun kualitasnya dapat diajukan sebagai skripsi untuk memperoleh gelar SARJANA KEDOKTERAN HEWAN

Menyetujui,  
Panitia penguji



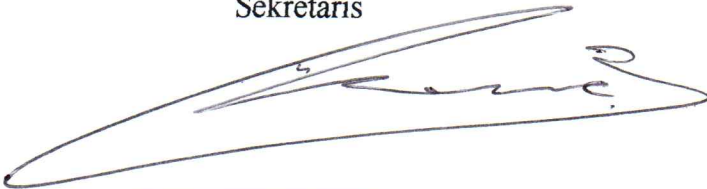
Drh. Ajik Azmijah S.U.  
Ketua



Drh. Handayani Tjitro., MS.  
Sekretaris



Drh. Ratna Damayanti., M.Kes.  
Anggota

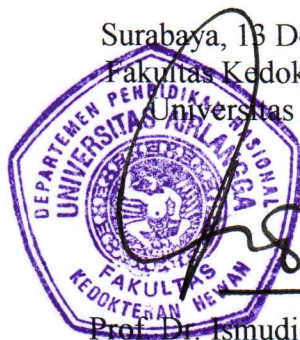


Dr. Bambang Sektiari L., DEA., drh  
Anggota

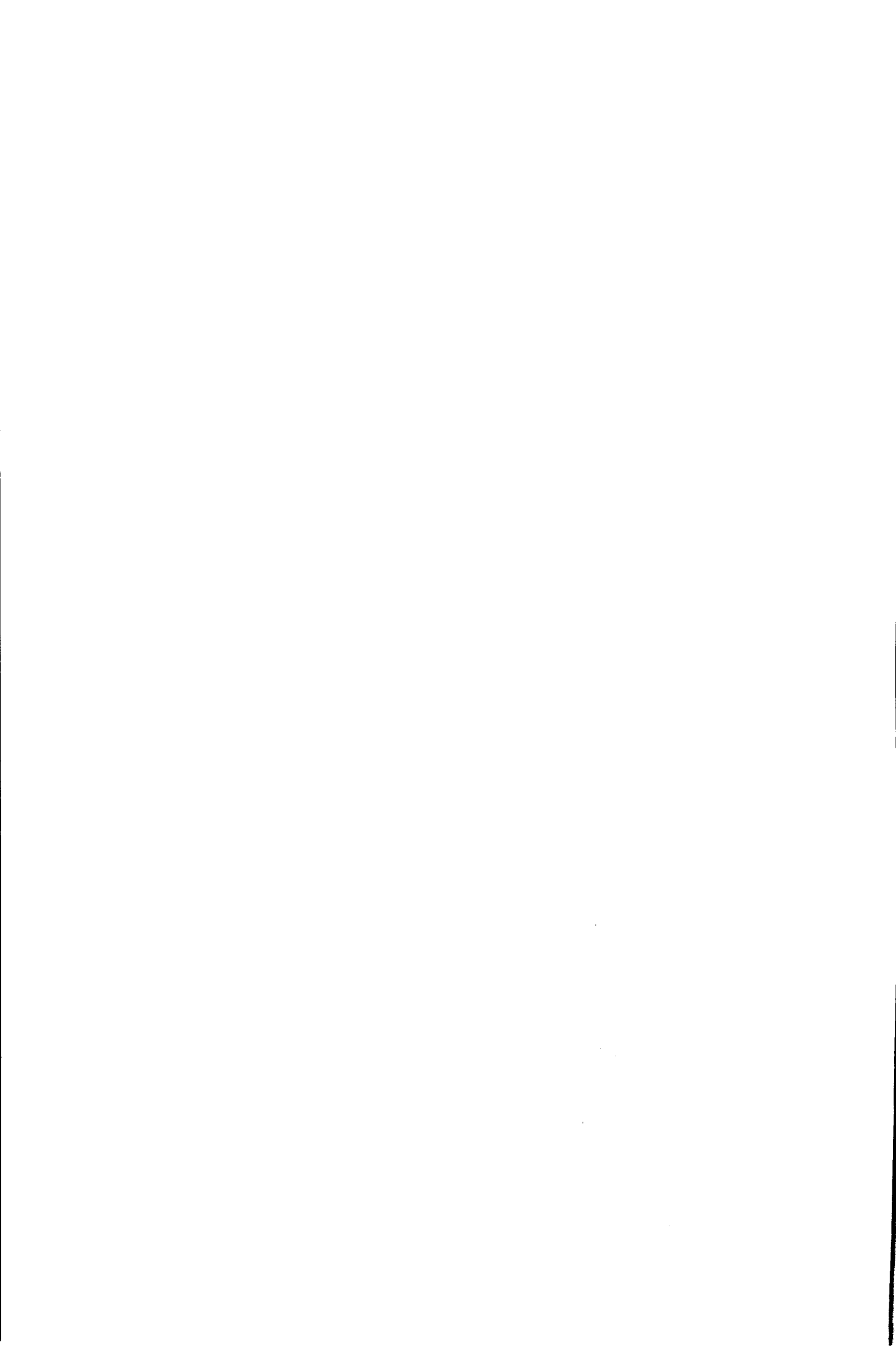


Dr. I Komang Wiarsa S., drh  
Anggota

Surabaya, 13 Desember 2003  
Fakultas Kedokteran Hewan  
Universitas Airlangga



  
Prof. Dr. Ismudiono, M.S., drh  
NIP. 130687297



**PENGARUH LAMA PAPARAN MEDAN ELEKTROMAGNETIK  
EXTREMELY LOW FREQUENCY (ELF) TERHADAP  
GAMBARAN HISTOPATOLOGI HATI TIKUS  
PUTIH (*Rattus norvegicus*) STRAIN  
WESTAR JANTAN**

DAVID NURHIDAYAT

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh lama paparan medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik *extremely low frequency (ELF)* terhadap gambaran histopatologi hati tikus putih (*Rattus norvegicus*) strain Wistar jantan dengan menggunakan hewan percobaan sebanyak 25 ekor tikus putih yang berumur 10 minggu. Desain rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan ulangan tak sama yang terbagi dalam tiga kelompok perlakuan yaitu kelompok kontrol (P0) menggunakan lima ulangan, P1 menggunakan 10 ulangan dan P2 menggunakan 10 ulangan.

Kelompok P0 dipaparkan pada medan listrik dan medan magnet alami selama 57 hari, kelompok P1 dipaparkan dibawah jaringan SUTET-500 kV selama 29 hari dan kelompok P2 dipaparkan dibawah jaringan SUTET-500 kV selama 57 hari. Setelah itu dilakukan pembedahan dan pembuatan sediaan histologi hati, kemudian dilakukan pengambilan data dari sediaan hati secara mikroskopik. Perubahan dari gambaran histopatologi hati tikus putih berupa kongesti, degenerasi dan nekrose dicatat, diskor dan diolah dengan penilaian peringkat (rank). Kemudian dianalisis dengan menggunakan Uji Kruskal-Wallis dan dilanjutkan dengan Uji Pembandingan Berganda (Uji Z) 5 %.

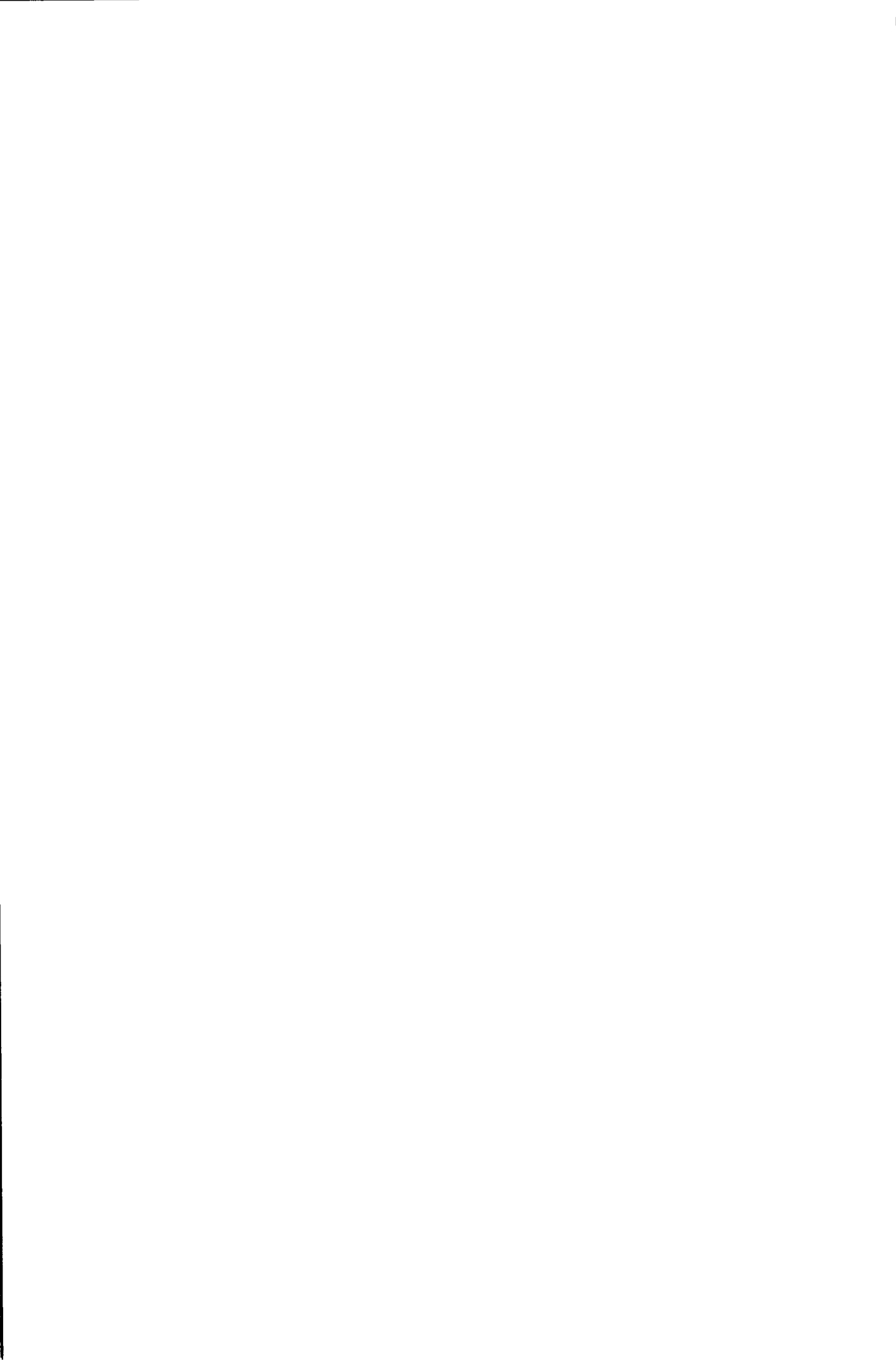
Hasil pemeriksaan mikroskopik menunjukkan kelompok P2 mengalami perubahan berupa kongesti, degenerasi dan nekrose, kelompok P1 mengalami perubahan berupa kongesti dan degenerasi, sedang P0 relatif tidak mengalami perubahan.

Dari hasil analisis statistik didapatkan perbedaan yang nyata antar kelompok perlakuan dimana kelompok P2 berbeda nyata dengan P1 dan P0, dan P1 tidak berbeda nyata dengan P0 sehingga dapat disimpulkan bahwa lama paparan medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik ELF berpengaruh terhadap gambaran histopatologi hati tikus putih berupa kongesti, degenerasi maupun nekrose.



## DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR LAMPIRAN .....	viii
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumrsan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Landasan Teori .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	5
1.6. Hipotesis .....	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....	6
II.1. Medan Elektromagnetik <i>Extremely Low Frequency</i> .....	6
II.2. Sumber Paparan Medan Elektromagnetik ELF .....	7
II.2.1. Sumber paparan medan elektromagnetik alamiah .....	7
II.2.2. Sumber paparan medan elektromagnetik buatan .....	7
a. Sumber paparan medan elektromagnetik ELF dalam rumah tangga .....	7
b. Sumber paparan medan elektromagnetik ELF oleh SUTET-500 kV di lingkungan .....	8

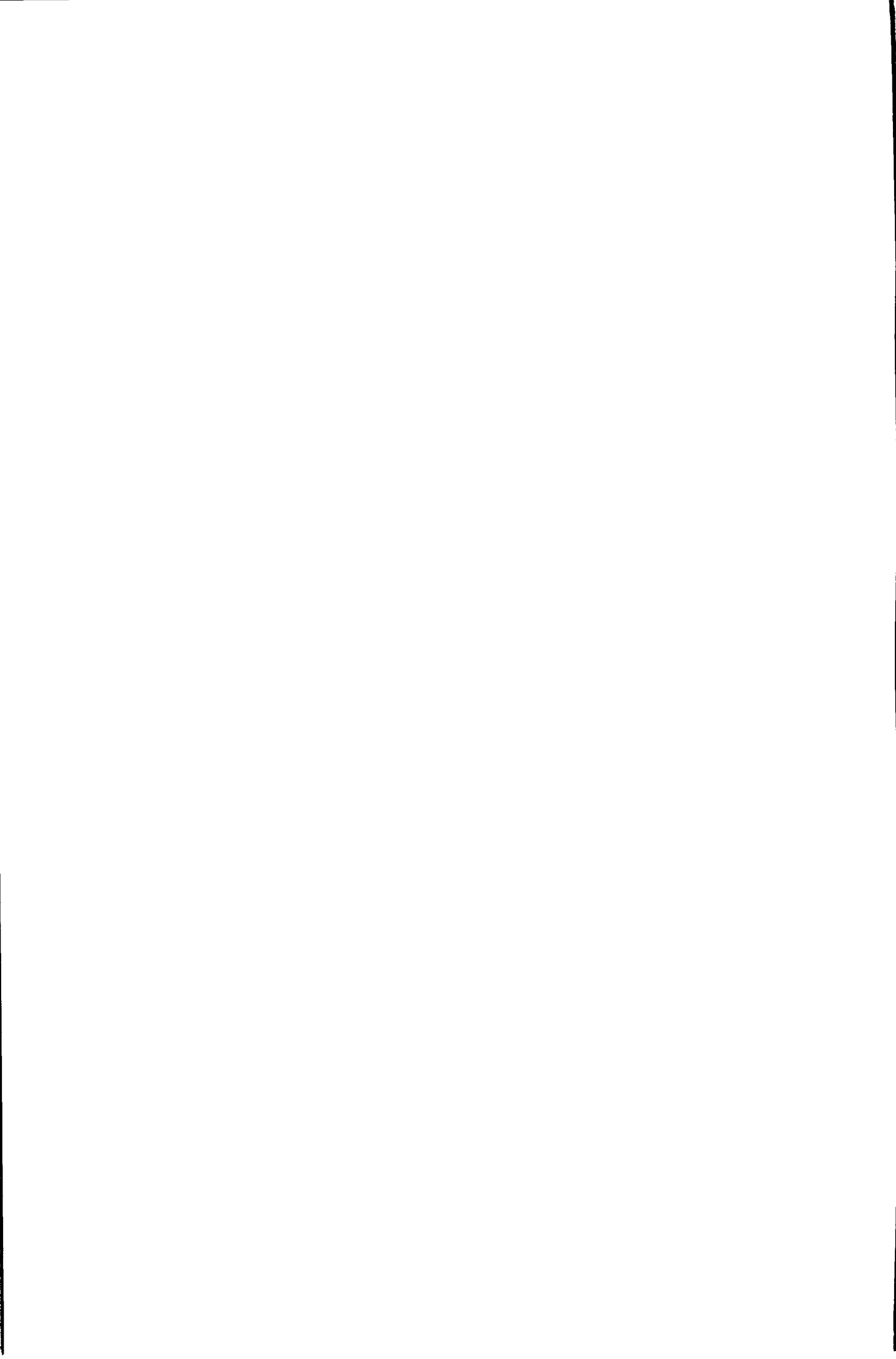


II.2.3. Karakteristik medan listrik dan medan magnet.....	8
II.3. Medan Listrik dan Medan Magnet Di Sekitar Penghantar Dialiri Arus AC.....	9
II.4. Interaksi Medan Listrik dan Medan Magnet dengan Materi Biologis .....	10
II.5. Tinjauan Umum Hati .....	12
II.5.1. Anatomi Hati.....	12
II.5.2. Fisiologi Hati .....	15
BAB III. MATERI DAN METODE PENELITIAN .....	16
III.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	16
III.2. Materi Penelitian .....	16
III.2.1. Hewan percobaan .....	16
III.2.2. Bahan-bahan penelitian.....	16
III.2.3. Alat .....	17
III.3. Metode Penelitian .....	17
III.3.1. Pengukuran medan listrik dan medan magnet .....	17
III.3.2. Persiapan hewan percobaan .....	17
III.3.3. Perlakuan hewan percobaan .....	18
III.3.4. Pemeriksaan preparat histopatologi .....	19
III.3.5. Rancangan penelitian .....	20
III.3.6. Peubah yang diamati .....	20
III.3.7. Analisis data .....	21





BAB IV. HASIL PENELITIAN .....	22
BAB V. PEMBAHASAN.....	24
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN .....	29
VI.1. Kesimpulan.....	29
VI.2. Saran.....	29
RINGKASAN .....	30
DAFTAR PUSTAKA.....	32



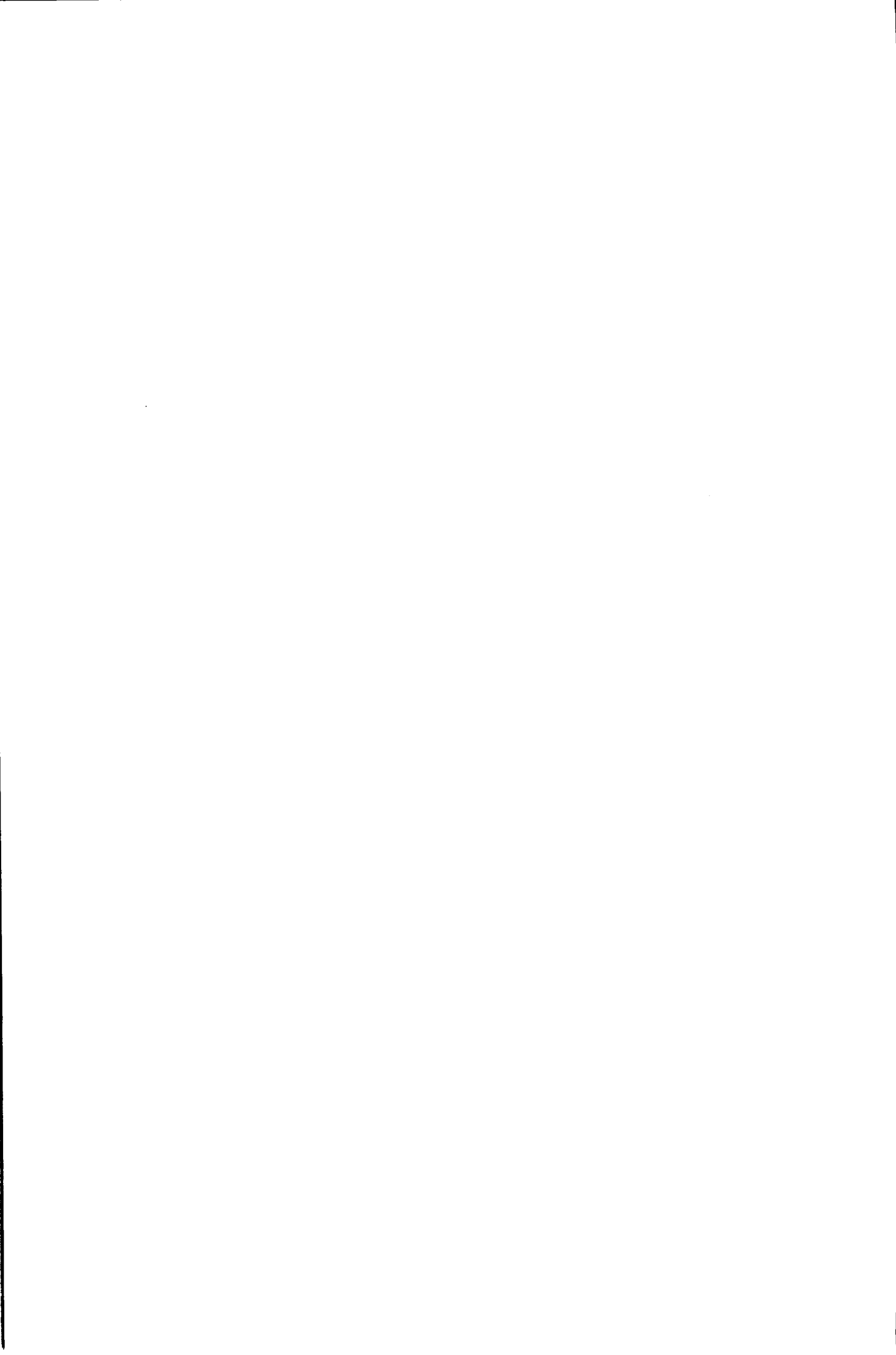
## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Skor Perubahan Gambaran Histopatologi Hati Tikus Putih .....	21
2. Nilai Rata-rata Rank dan Simpangan Baku Perubahan Gambaran Histopatologi Hati Tikus Putih .....	23



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Prosedur Pembuatan Preparat Histopatologi Hati .....	37
2. Tingkatan Perubahan dan Jumlah Skor Histopatologik Sel Hati Tikus Putih pada Kelompok P0 .....	40
3. Tingkatan Perubahan dan Jumlah Skor Histopatologik Sel Hati Tikus Putih pada Kelompok P1 .....	41
4. Tingkatan Perubahan dan Jumlah Skor Histopatologik Sel Hati Tikus Putih pada Kelompok P2 .....	42
5. Nilai Rank dan Skor Perubahan Gambaran Histopatologi Hati Tikus Putih dari Seluruh Kelompok Perlakuan .....	43
6. Analisis Data dengan Uji Kruskal – Wallis .....	45
7. Foto Hasil Pengamatan secara Mikroskopik Preparat Histopatologi Hati Tikus Putih .....	48





**BAB I**  
**PENDAHULUAN**





## BAB I

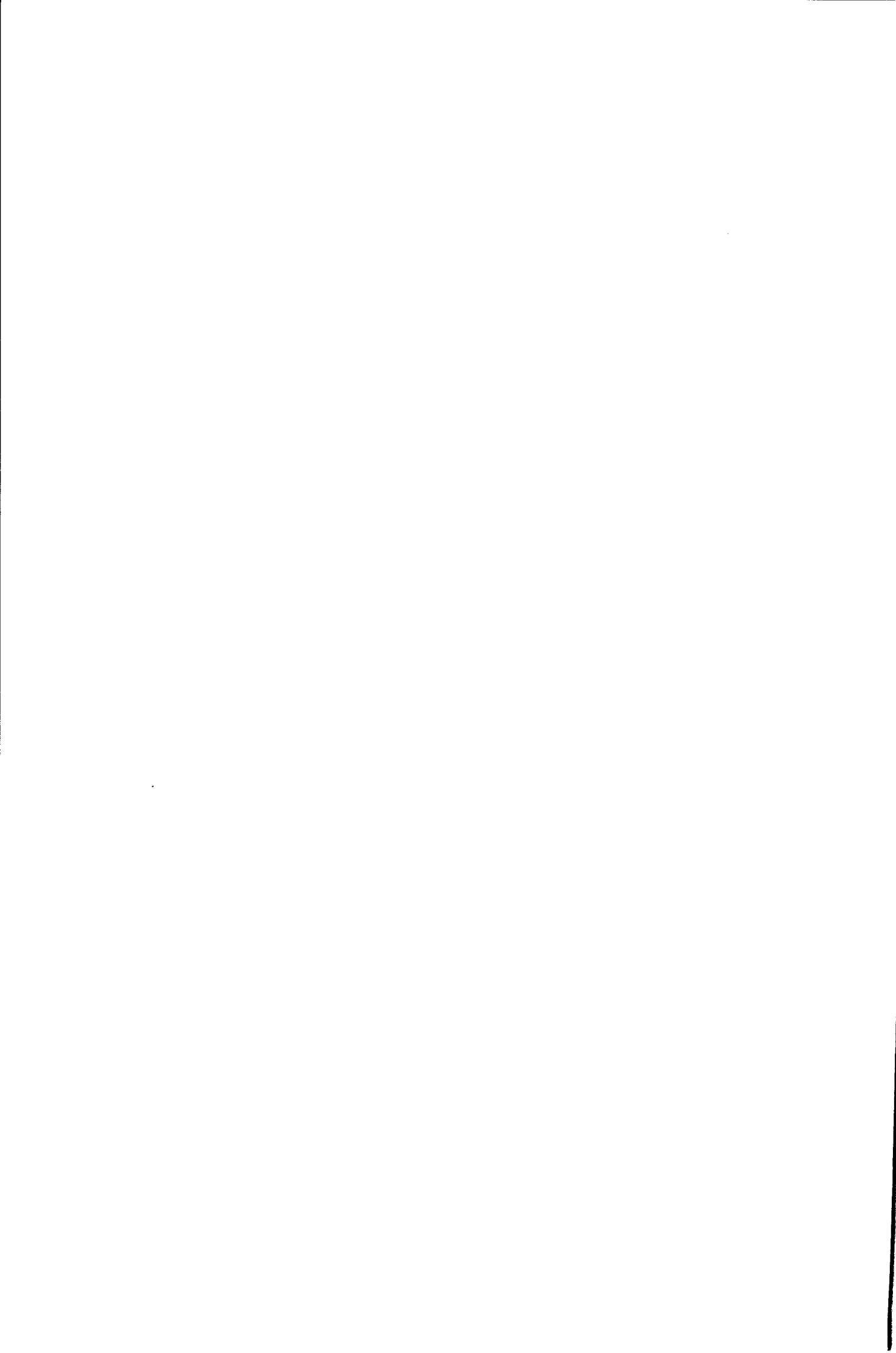
### PENDAHULUAN

#### I.1. Latar Belakang

Dewasa ini penggunaan listrik sebagai sumber energi untuk pemanfaatan alat-alat produk teknologi semakin meningkat. Hal ini, baik disadari atau tidak telah menimbulkan paparan medan elektromagnetik *Extremely Low Frequency (ELF)* di lingkungan juga ikut meningkat yang dapat mengakibatkan efek kurang baik pada lingkungan.

Untuk pemenuhan kebutuhan listrik telah banyak dibangun pusat-pusat pembangkit listrik bertenaga besar. Untuk pemindahan arus listrik dari pembangkit listrik, pusat beban ke pusat beban yang lebih jauh digunakan saluran transmisi berupa Saluran Udara Tegangan Extra Tinggi (SUTET). Salah satunya di kecamatan Tulangan kabupaten Sidoarjo Jawa Timur yang digunakan sebagai objek penelitian.

Hasil pengukuran intensitas medan listrik dan medan magnet di pemukiman penduduk yang bertempat tinggal di bawah jaringan SUTET-500 kV di kecamatan Tulangan kabupaten Sidoarjo, diperoleh bahwa di halaman rumah pada ketinggian 1,5 meter dari tanah intensitas maksimum untuk medan listrik adalah 3,5 kV/m dan medan magnet 2,1  $\mu\text{T}$  (Sudarti dkk, 1998). Sementara itu intensitas medan elektromagnetik alamiah di permukaan bumi, rata-rata  $10^{-4}$  V/m untuk medan listrik dan  $10^{-6}$   $\mu\text{T}$  untuk medan magnet. Secara kumulatif medan listrik dipermukaan bumi rata-rata 130 V/m dan medan magnet 50  $\mu\text{T}$  (WHO, 1984).



Dengan makin bertambahnya penduduk dan makin meluasnya pemukiman penduduk maka SUTET terpaksa melewati pemukiman penduduk. Disertai dengan meningkatnya pemakaian peralatan yang menggunakan energi listrik, maka pemaparan medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik *ELF* semakin tak terhindarkan.

Medan elektromagnetik ini terdiri dari komponen medan listrik dan medan magnet, timbul disekitar konduktor yang dialiri arus bolak-balik (*alternating current*). Medan ini merupakan spektrum gelombang elektromagnetik, berada pada frekuensi kurang dari 300 Hz (WHO, 1984; Grotel, 1992). Energi yang terkandung dalam medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik inilah yang mampu menimbulkan perubahan pada struktur membran sel dan fungsi sel (Griffith, 1981; Grotel dkk, 1992).

Eugene (1978) menyatakan bahwa energi listrik dari gelombang listrik frekuensi sangat rendah yang ditimbulkan oleh pemakaian teknologi dengan menggunakan listrik sebagai sumber energinya misalnya TV, instalasi radar dan peralatan rumah tangga; dapat membahayakan kesehatan bagi individu yang terpapar. Reiter (1994) menyatakan bahwa paparan medan listrik dan medan magnet dapat menunjukkan adanya reaksi promotor terhadap tumor kelenjar susu, kulit dan hati.

Flipo D (1998) menyimpulkan bahwa paparan medan magnet statis pada intensitas 0.025 - 0.15 T pada sel immunokompeten dapat merubah beberapa parameter fungsional pada makrofag, sel timus dan sel limfosit. Paparan medan



magnet statis 0.025 - 0.15 T pada suhu 37<sup>0</sup> C dan kadar CO<sub>2</sub> 5% selama 24 jam, dapat meningkatkan kadar Ca intra seluler dalam makrofag yang disertai dengan penurunan fagositosis, meningkatkan Ca influx dalam limfosit sehingga menurunkan respon mitogenik serat dapat meningkatkan apoptosis pada sel timus.

## **L2. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas maka pada penelitian ini didapatkan permasalahan yaitu, apakah lama paparan medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik *ELF* berpengaruh terhadap gambaran histopatologi hati tikus putih (*Rattus norwegicus*) strain Wistar jantan.

## **L3. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama paparan medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik *ELF* terhadap gambaran histopatologi hati tikus putih (*Rattus norwegicus*) strain Wistar jantan.

## **L4. Landasan Teori**

Medan listrik bersifat terhalangi, artinya intensitas medan listrik akan mengalami penurunan jika terhalangi suatu benda, juga mengalami penurunan secara kuadrat terhadap jarak dari sumber paparan. Sedangkan medan magnet bersifat tak terhalangi dan mampu menembus benda penghalang seperti genting, tembok bangunan, pepohonan maupun tubuh manusia serta mengalami penurunan secara linier terhadap jarak dari sumber paparan (WHO, 1987; Grotel, 1992).

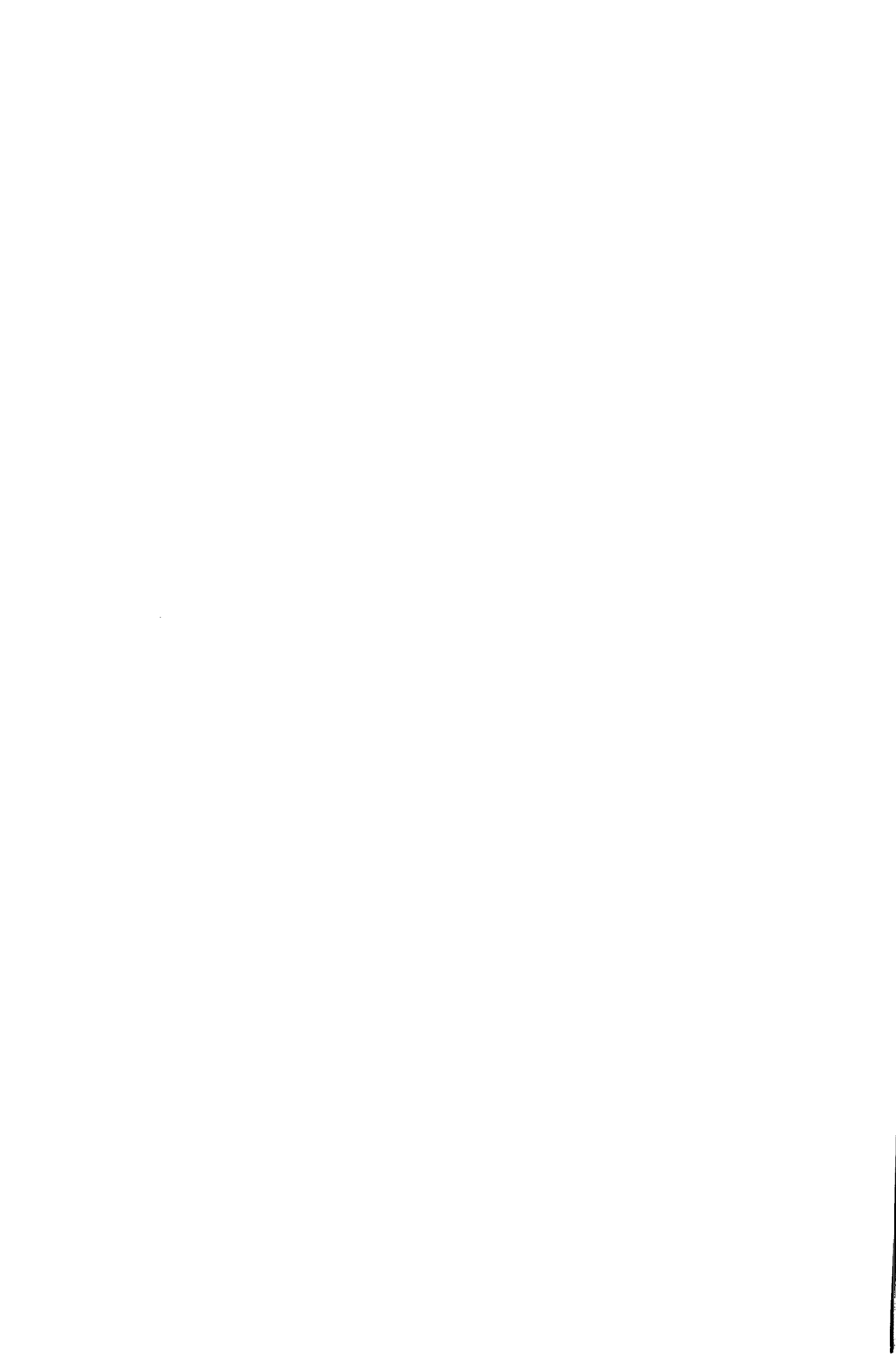


Secara biofisika dapat diterangkan bahwa sel penyusun jaringan tubuh terdiri dari atom baik berupa molekul maupun ion. Dibawah pengaruh medan elektromagnetik, maka atom tersebut akan mendapat gaya listrik maupun gaya magnet, sehingga akan timbul arus listrik dan kalor yang kecil dalam sel (Cember, 1969).

Interaksi antara medan listrik dan medan magnet terhadap materi biologis, yang paling berperan adalah membran sel, dapat mengakibatkan perubahan konduktivitas membran sel, melalui interaksi medan listrik dengan sekumpulan muatan dari makro molekul protein, sehingga dapat merubah struktur dan fungsi sel (WHO, 1984; Shimizu, 1985).

Menurut WHO (1984) interaksi biologis antara medan listrik dan medan magnet oleh radiasi gelombang elektromagnetik *ELF* dapat menimbulkan kalor. Gaya listrik yang bolak-balik dengan cepat pada molekul yang tak bergerak dapat menyebabkan atom-atomnya bergetar atau berputar, selanjutnya dapat menimbulkan kalor. Prinsipnya suatu medan listrik yang besarnya cukup dapat memberikan efek langsung pada jaringan biologis dalam bentuk gerakan ion bebas di lingkungan ekstra seluler atau melalui interaksi momen listrik dari struktur molekuler.

Walleczek (1992) menyatakan bahwa membran sel merupakan medium proses signaling  $Ca^{2+}$ , adalah mediator yang sangat berperan terhadap medan elektromagnetik *ELF* pada sel. Gaya yang ditimbulkan oleh medan listrik dapat





menyebabkan muatan ion-ion elektrolit bergerak. Jika tubuh berhubungan langsung dengan tanah, maka gerakan muatan (ion) dalam tubuh akan menghasilkan arus listrik. Jika tubuh terisolasi terhadap tanah, potensial akan meningkat dan besarnya tergantung pada kapasitas terhadap tanah.

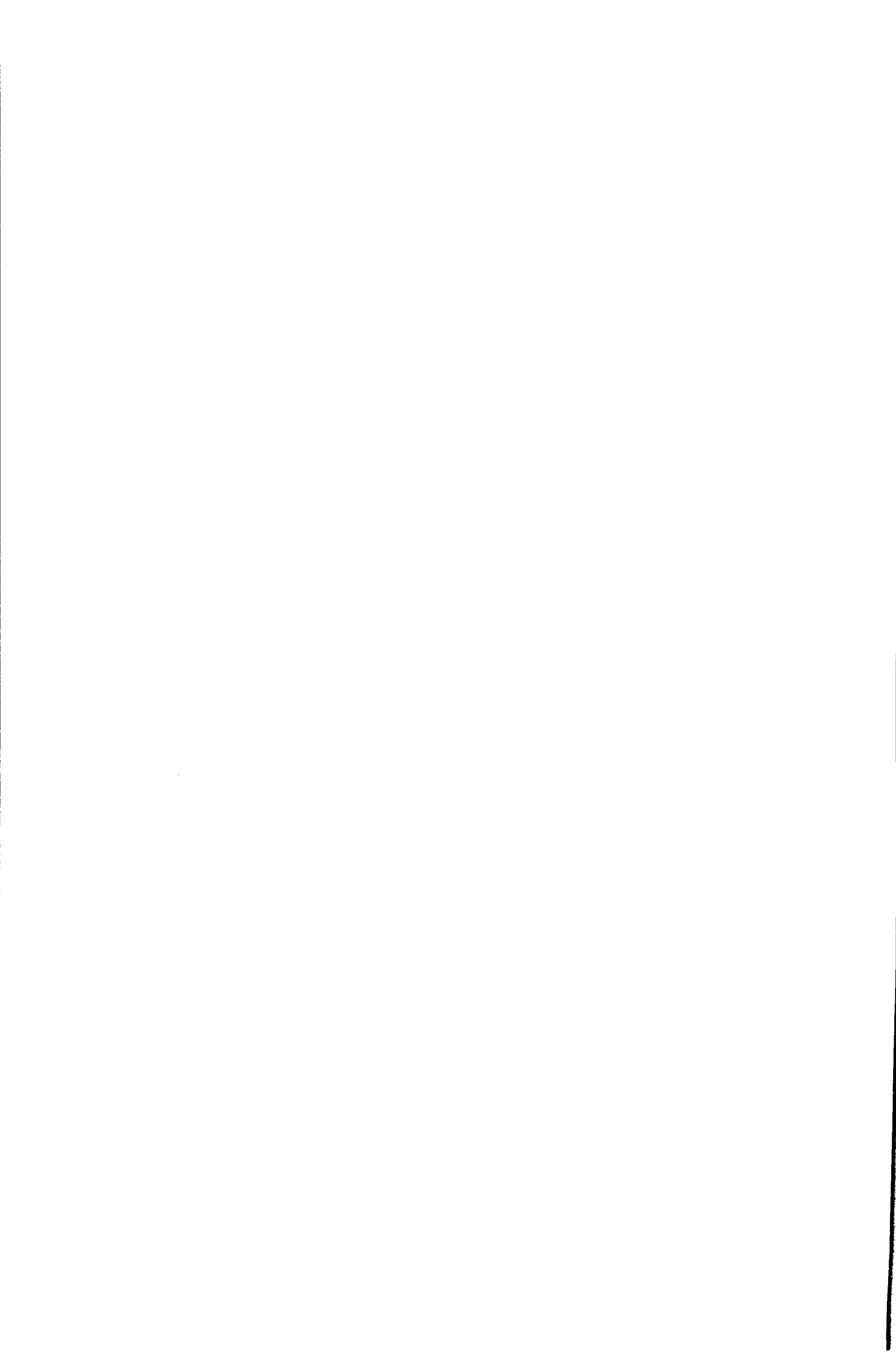
*United Nations Environmental Programme (UNEP), World Health Organization dan International Radiation Protection (IRPA)*, pada tahun 1987 menyatakan tentang nilai rapat arus induksi dengan efek biologisnya yang ditimbulkan oleh paparan medan listrik 50/60 Hz dengan nilai rapat arus 100 - 1000 mA/m<sup>2</sup> akan menimbulkan stimulasi pada jaringan yang dapat dirangsang dan ada kemungkinan bahaya terhadap kesehatan.

#### **I.5. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan mampu membuktikan bahwa lama paparan medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik *ELF* SUTET 500-kV berpengaruh terhadap gambaran histopatologi hati tikus putih (*Rattus norvegicus*) strain Wistar jantan dan diharapkan pula dapat dijadikan acuan untuk memperbanyak informasi tentang pengaruh medan elektromagnetik *ELF* terhadap organ lain dalam tubuh.

#### **I.6. Hipotesis**

Lama paparan medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik *ELF* berpengaruh terhadap gambaran histopatologi hati tikus putih (*Rattus norvegicus*) strain Wistar jantan.





**BAB II**  
**TINJAUAN PUSTAKA**

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1. Medan Elektromagnetik *Extremely Low Frequency*

Berdasarkan teori medan elektromagnetik, bahwa disekitar kawat konduktor yang dialiri arus akan timbul medan magnet, jika arus yang mengalir adalah arus bolak-balik (alternating current) maka menurut Maxwell disekitar kawat konduktor tersebut akan timbul rambatan gelombang elektromagnetik yang terdiri dari komponen medan listrik dan medan magnet (Simanjuntak, 1985).

Radiasi yang dihasilkan oleh muatan yang bergerak isolasi, seperti arus AC adalah tergolong radiasi tak mengion dan didalam spektrum gelombang elektromagnetik berada pada frekuensi yang sangat rendah yaitu kurang dari 300 Hz dan disebut sebagai gelombang elektromagnetik frekuensi amat sangat rendah (*Extremely Low Frequency*) (Grotel, 1992).

Sedang energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik dari PLN merupakan arus AC yang memiliki gelombang tegangan bolak-balik melalui kawat konduktor dengan frekuensi 50 Hz/60 Hz, sehingga konduktor pada jaringan transmisi PLN merupakan sumber paparan medan elektromagnetik.

Berdasarkan hal diatas, maka dapat disimpulkan bahwa medan elektromagnetik ELF merupakan spektrum medan elektromagnetik dengan frekuensi amat sangat rendah yaitu dibawah 300 Hz. Medan elektromagnetik terdiri dari



komponen medan listrik dan medan magnet dan dapat dihasilkan disekitar arus AC pada suatu konduktor dan termasuk radiasi non-ionizing.

## **II.2. Sumber Paparan Medan Elektromagnetik *ELF***

### **II.2.1. Sumber paparan medan elektromagnetik alamiah**

Pada dasarnya kita telah terpapar medan elektromagnetik *ELF* secara alamiah. Intensitas paparan medan elektromagnetik *ELF* alamiah yang dihasilkan oleh bumi rata-rata  $10^{-4}$  V/m untuk medan listrik dan  $10^{-6}$  mikro Tesla ( $\mu\text{T}$ ) untuk medan magnet. Secara kumulatif intensitas medan listrik di permukaan bumi rata-rata 130 V/m dan intensitas medan magnet rata-rata 50  $\mu\text{T}$  (WHO, 1984).

Pada intensitas medan elektromagnetik alamiah tersebut, proses kehidupan berlangsung secara alamiah dan tidak menimbulkan gangguan.

### **II.2.2. Sumber paparan medan elektromagnetik buatan**

#### **a. Sumber paparan medan elektromagnetik *ELF* dalam rumah tangga**

Dengan perkembangan teknologi yang semakin canggih, maka peralatan yang menggunakan listrik sebagai sumber energi juga semakin meningkat. Hal ini merupakan predisposisi terhadap semakin meningkatnya paparan medan elektromagnetik di lingkungan.

Pengukuran medan listrik *ELF* yang dilakukan pada jarak 30 cm dari beberapa peralatan rumah tangga, didapatkan nilai yang bervariasi antara 2 V/m sampai 5 V/m, sedangkan intensitas medan listrik di halaman rumah tangga (orang Amerika), berkisar antara 1-10 V/m (WHO, 1984).





## **b. Sumber paparan medan elektromagnetik *ELF* oleh SUTET 500-kV di lingkungan**

Penempatan SUTET-500 kV di lingkungan diduga mempunyai peran kuat dalam meningkatkan medan elektromagnetik *ELF* di lingkungan.

Hasil pengukuran intensitas medan listrik dan medan magnet di pemukiman penduduk yang bertempat tinggal di bawah jaringan SUTET-500 kV di kecamatan Tulangan kabupaten Sidoarjo Jawa Timur, diperoleh bahwa intensitas paparan medan listrik di bawah jaringan SUTET-500 kV mencapai 21 kali dan medan magnet mencapai 8 kali lebih tinggi dibandingkan di daerah kontrol. Di halaman rumah pada ketinggian 1,5 meter dari tanah intensitas maksimum untuk medan listrik adalah 3,5 kV/m dan medan magnet 2,1  $\mu$ T (Sudarti, 1998).

Lee (1982) telah melakukan pengukuran pada jarak 1 meter di atas tanah dibawah jaringan SUTET-500 kV diperoleh intensitas medan magnet sebesar 35  $\mu$ T dan pengukuran pada jarak 60 meter arah horizontal ke kiri maupun ke kanan kurang dari 5  $\mu$ T. Selanjutnya Scheneider pada tahun 1998, melakukan pengukuran medan listrik tepat di bawah jaringan transmisi tegangan ekstra tinggi 380 kV diperoleh sebesar 3,5 kV/m, dan pada jarak 20 meter kearah horizontal terjadi penurunan mencapai 0,4 kV/m (WHO, 1984).

### **II.2.3. Karakteristik Medan Listrik dan Medan Magnet**

Medan listrik bersifat terhalangi, artinya intensitas medan listrik akan mengalami penurunan jika terhalangi suatu benda. Intensitas medan listrik di bawah



jaringan transmisi tegangan tinggi akan mengalami penurunan intensitas sampai kira-kira 100-500 kali lebih rendah oleh penghalang atap rumah penduduk dan tergantung pada jenis dan struktur penghalang. Intensitas medan listrik juga mengalami penurunan secara kuadrat terhadap jarak dari sumber paparan (WHO, 1987).

Sedangkan medan magnet bersifat tak terhalangi dan mampu menembus benda penghalang seperti genting, tembok bangunan, pepohonan maupun tubuh manusia dan akan mengalami penurunan secara linier terhadap jarak dari sumber paparan (WHO, 1987; Grotel, 1992).

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa daya tembus medan magnet lebih besar dari pada medan listrik, sehingga walaupun dengan frekuensi amat sangat rendah medan magnet *ELF* mampu menembus tubuh dan berinteraksi dengan atom dalam sel penyusun organ tubuh.

### **II.3. Medan Listrik dan Medan Magnet Di Sekitar Penghantar Dialiri Arus AC**

Pada suatu penghantar yang dialiri arus listrik, garis medan magnetnya merupakan lingkaran-lingkaran tertutup yang berpusat pada penghantar tersebut. Sedangkan garis medan listriknya berawal dari penghantar bertegangan sebagai sumbernya dan berakhir pada struktur konduktif seperti tanah atau permukaan benda-benda di atas tanah.

Menurut Grotel dkk (1992), radiasi medan elektromagnetik yang dihasilkan oleh transmisi PLN adalah berupa gelombang elektromagnetik yang kemudian sering disebut sebagai gelombang elektromagnetik *extremely low frequency*.



Besarnya kuat medan listrik (E) maupun kuat medan magnet (B) di sekitar aliran arus AC pada kawat konduktor seperti pada kawat konduktor SUTET, dapat dilakukan pengukuran dengan alat ukur. Salah satu alat ukur yang sering digunakan adalah *ELF-Surveymeter*. Hubungan antara B dan H (intensitas medan magnet) dapat dinyatakan sebagai berikut (Griffith, 1981) :

$$B = \mu_0 \cdot H$$

Dengan anggapan bahwa udara adalah ruang hampa, maka  $\mu$  untuk udara sama dengan  $\mu_0$  yang besarnya adalah :

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$$

Maka diperoleh konversi satuan :

$$1\text{mA/m} = 1,25 \times 10^{-3} \mu\text{T}$$

#### **II.4. Interaksi Medan Listrik dan Medan Magnet Dengan Materi Biologis**

Organ dan jaringan tubuh terdiri dari molekul polar, cairan biologis yang mengandung ion-ion elektrolit dan makro molekul yang larut. Dibawah pengaruh medan listrik, ion-ion akan mendapatkan gaya listrik (F) yang besarnya sebanding dengan hasil kali intensitas medan listrik dan jumlah muatan (Cember, 1969).

$$F = q \cdot E$$

Dimana : F = gaya listrik (newton)

q = jumlah muatan (coulomb)

E = intensitas (kuat) medan listrik (volt/meter)

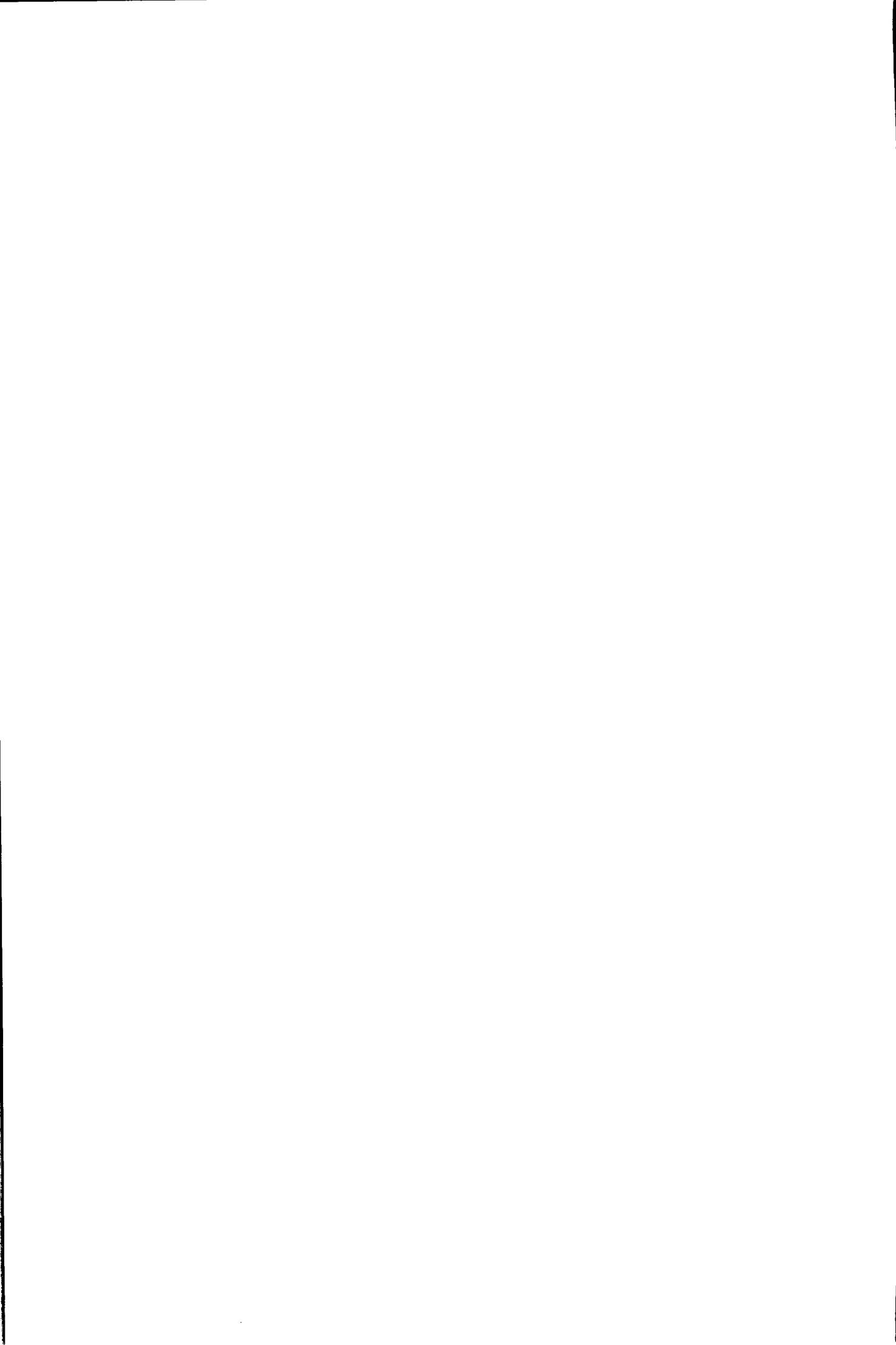


Gaya yang ditimbulkan oleh medan listrik tersebut dapat menyebabkan muatan ion-ion elektrolit bergerak. Jika tubuh berhubungan langsung dengan tanah, maka gerakan muatan (ion) dalam tubuh akan menghasilkan arus listrik. Jika tubuh terisolasi terhadap tanah, potensial akan meningkat dan besarnya tergantung terhadap tanah.

Berdasarkan teori Faraday bahwa adanya medan magnet yang berubah terhadap waktu dapat menimbulkan medan listrik induksi dan dapat menimbulkan arus listrik di dalam suatu bahan atau jaringan biologis. Sementara menurut Grotel (1992), menyatakan bahwa medan elektromagnetik *ELF* dapat menimbulkan arus lemah pada jaringan dan dapat menimbulkan kalor yang lebih kecil dari pada kalor yang dihasilkan oleh sel-sel tubuh, kondisi tersebut terbukti berpengaruh terhadap konduktivitas membran sel (Shimizu, 1995).

Lama paparan medan elektromagnetik *ELF* SUTET 500-kV berpengaruh terhadap berkurangnya lapisan otot polos sirkuler pembuluh darah (4 minggu paparan) dan disertai oleh berkurangnya lapisan elastin setelah 8 minggu paparan. Lama paparan medan elektromagnetik *ELF* SUTET 500-kV juga berpengaruh terhadap terjadinya modifikasi struktur histologi dari pembuluh darah aorta tikus putih (Misaco dkk, 2001).

Reiter (1994) menyatakan bahwa paparan medan listrik dan medan magnet dapat menunjukkan adanya reaksi promotor terhadap tumor kelenjar susu, kulit dan hati. Paparan medan elektromagnetik dengan dosis rendah juga dapat menyebabkan foci liver dan lesi preneoplastik (Imaida K, 2000).





## **II.5. Tinjauan Umum Hati**

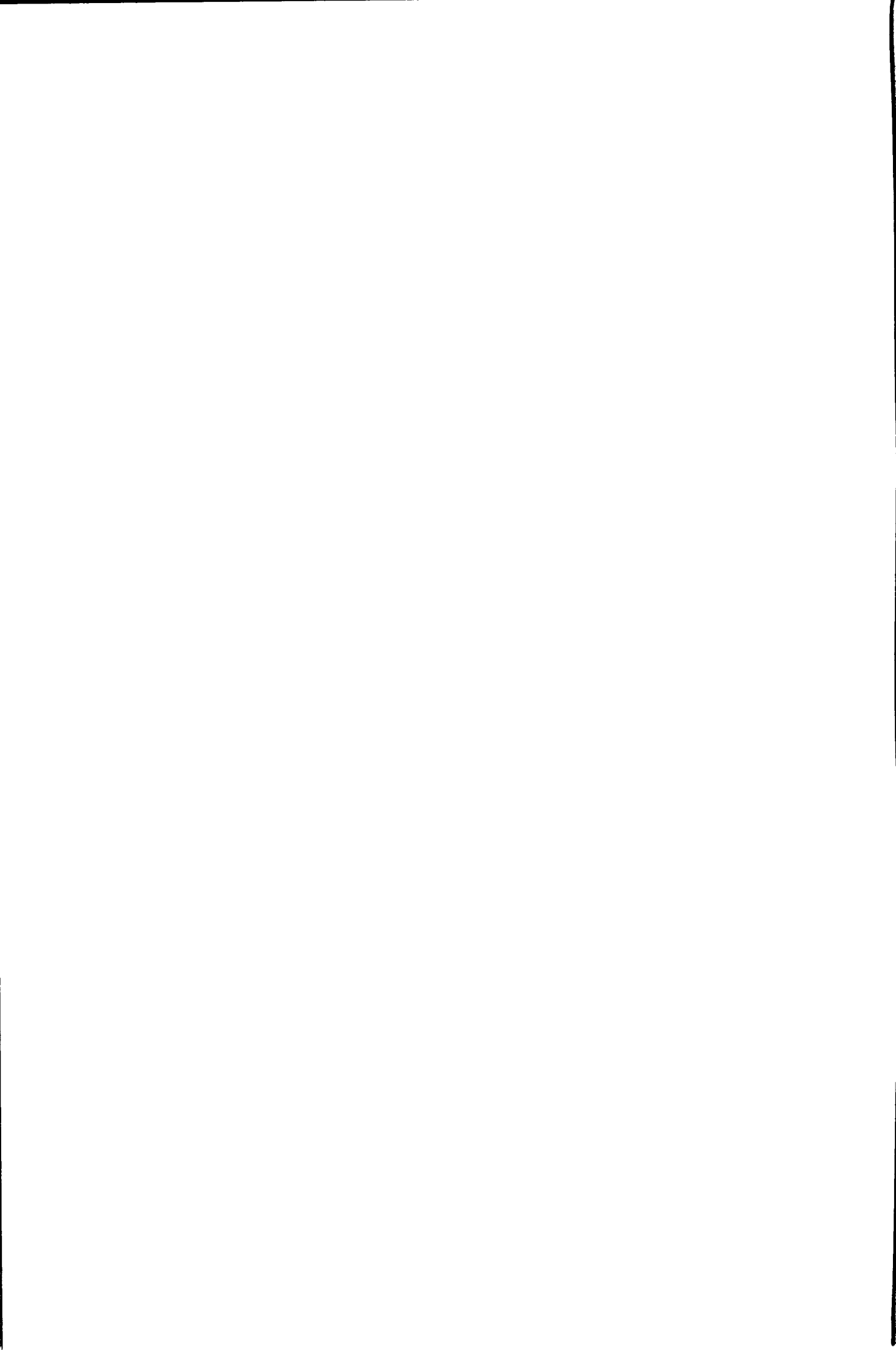
### **II.5.1. Anatomi hati**

Hati memerankan bagian yang tak terpisahkan dari metabolisme tubuh dan merupakan glandula terbesar dalam tubuh. Hati menempati seperempat bagian kanan atas dari lambung, sebagian permukaannya menempel ke diafragma (Leeson dkk, 1995)

Hati dari mamalia berbentuk prisma poligonal, yang menggambarkan satu kesatuan unit dari lobulus. Lobulus hati digambarkan sebagai bagian tersendiri tidak terletak pada sistem saluran tetapi sebagai pusat vena hepatica. (Maximow dan Bloom, 1987). Lobulus hati juga telah digambarkan sebagai kumpulan dari jaringan hati yang dikelilingi dan dialiri oleh saluran empedu interlobular yang terkecil. Berdasarkan hal ini pusat dari lobulus hati merupakan struktur di daerah periportal dan lobulus akan meluas ke daerah parenkim (Maximow dan Bloom, 1987).

Lobulus hati pada potongan melintang mempunyai lima, enam atau tujuh sisi. Diameter dari potongan melintang lebih kecil dari tinggi lobulus. Pada pusat lobulus, pada lipatan memanjangnya, adalah pusat vena sedang pada pinggirnya yaitu cabang dari vena porta (vena interlobular), saluran interlobular, cabang arterihepatika, dan arteri limfatika yang membentuk jaringan vena porta dan cabang-cabangnya (Leeson dkk, 1995).

Sel-sel hati antara satu dengan yang lain dipisahkan oleh sinusoid hati yang merupakan lekukan-lekukan ruangan yang tak beraturan yang berada pada lobulus



hati dan berpusat pada vena hepetika, dan berakhir pada vena intelobularis (Leeson dkk, 1995).

Seperti yang terlihat pada irisan, sinusoid terdiri dari bentuk tak beraturan dari dua macam sel yang dihubungkan oleh beberapa bentuk perantara yaitu sel endotel dan sel makrofag (sel von of Kupffer). Sel endotel mempunyai inti kecil dan berwarna gelap dengan sitoplasma yang sangat tipis. Sel Kupffer mempunyai inti yang lebih besar dan pucat, sitoplasmanya lebih banyak dengan cabang-cabang yang meluas atau melintang di dalam sinusoid hati (Leeson dkk, 1995). Sel Kupffer mempunyai kemampuan memfagositosis sel yang sudah tua, partikel atau benda asing, sel tumor, bakteri, virus dan parasit di dalam hati (Sherlock, 1995).

Seperti yang terlihat pada irisan, hati tersusun oleh sel-sel hepatosit yang mengelilingi vena sentralis, sampai ke tepi lobulus. Hal ini menunjukkan bahwa hati tersusun dari masa sel hati dan membentuk sinusoid yang tertutup diantara sel-sel hati dan bahwa sel hati hanya dipisahkan atau dibatasi oleh sinusoid. Hal ini sesuai dengan gambaran konvensional dari epitel penyusun ikatan yang terdiri dari dua sel. Sel-sel hati membentuk cabang dan beranastomose dengan sel-sel sebelahnya, berhubungan langsung dan saling tegak lurus dengan vena sentralis. Diantara sel-sel hati hanya dibatasi oleh bentukan tak beraturan oleh dinding tipis dari sinusoid. Sel hati berbentuk poligonal yang mempunyai enam atau lebih permukaan yang mempunyai inti yang besar dan jarang sekali ditemukan sel hati yang mempunyai dua inti. Inti berbentuk seperti gelembung yang mempunyai membran yang halus dan satu atau lebih nukleoli serta beberapa titik-titik kromatin (Maximow dan Bloom, 1987).



Sitoplasma dari sel hati tersusun dari variabel-variabel yang bervariasi dimana hal tersebut menggambarkan begitu pentingnya dari sel-sel hati. Baik glikogen maupun lemak tidak selalu ditemukan dalam satu preparasi. Isi sebenarnya dari sel-sel hati dalam kondisi normal menunjukkan variasi-variasi, kadang-kadang hati terisi penuh oleh glikogen dan kadang-kadang terisi oleh lemak dalam jumlah yang besar, juga sering terisi oleh protein yang kesemuanya itu tergantung dari kandungan karbohidrat, lemak atau protein dalam makanan (Guyton dan Hall, 1997).

Sel hati juga berisi citocentrum yang kadang-kadang tersembunyi di dalam sitoplasma, mitokondria dan badan golgi yang kadang-kadang tertutup oleh inti. Dalam sel hati juga terdapat vakuola yang berwarna merah. Dari beberapa percobaan berusaha membuktikan hubungan antara badan golgi dan mitokondria berdasarkan variasi dari keadaan hati (Leeson dkk, 1995).

Dilihat dari fungsinya sel hati mempunyai persamaan performa dalam hal kerjanya. Hal ini dapat dilihat perbedaannya dengan organ lain dimana fungsi tergantung dari bentuk morfologi dari sel. Jadi sel hati mempunyai peran yang sama dalam hal kapasitas fungsinya dalam lobulus. Misalnya, jika didalam makanan banyak mengandung lemak, maka sel hati akan penuh dengan lemak, begitu juga jika dalam makanan mengandung banyak protein dan karbohidrat (Maximow dan Bloom, 1987).

### **II.5.2. Fisiologi hati**

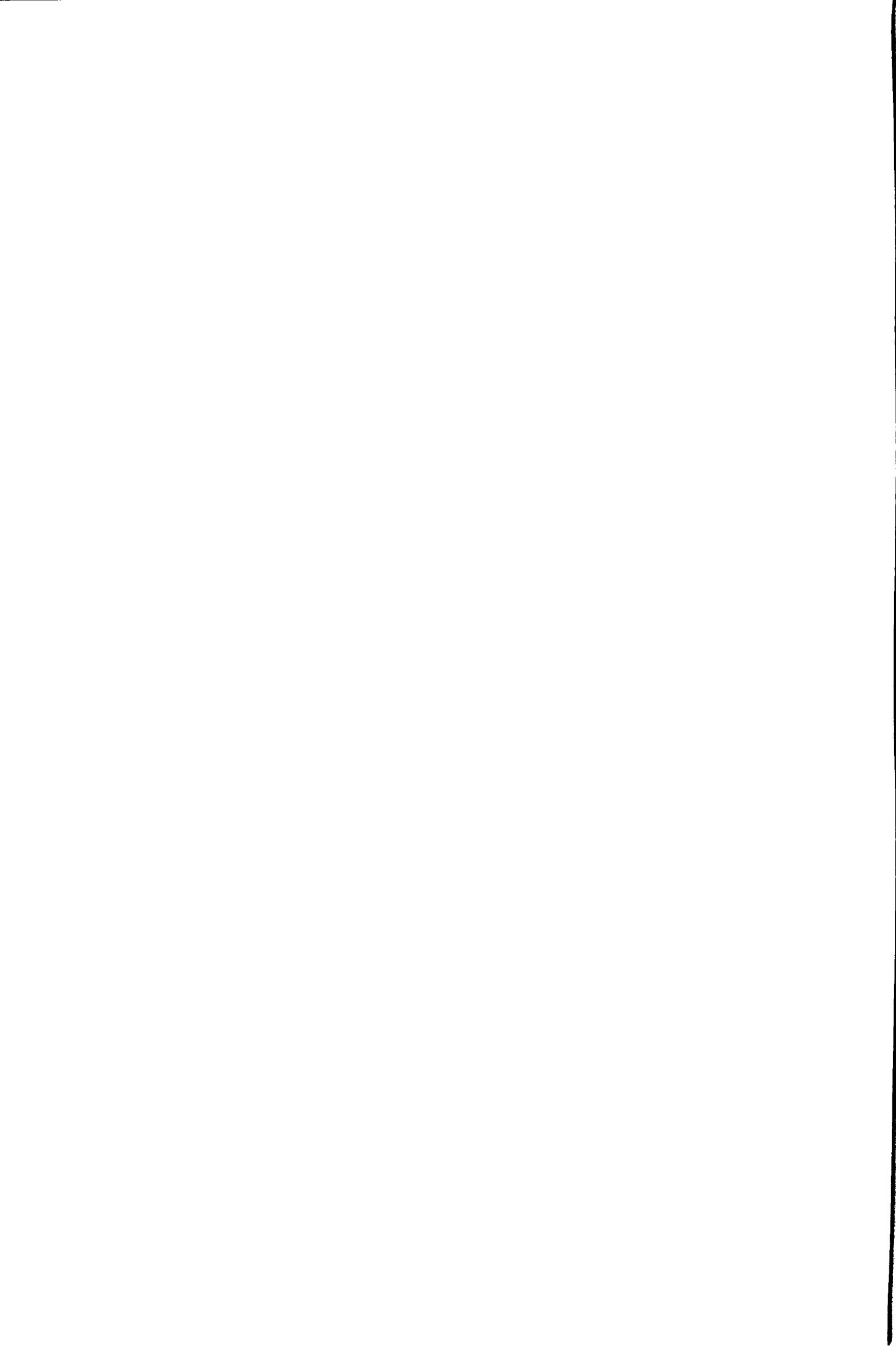
Peran hati yang penting dalam metabolisme yaitu sebagai tempat penyimpanan gula atau karbohidrat, metabolisme lemak dan asam amino dan sebagai



tempat sintesa protein (Sherlock, 1995). Hati juga berperan sebagai tempat deposit dari beberapa vitamin, enzim dan hormon. Jumlah zat kimia yang dihasilkan hati sangatlah besar. Dari empedu dihasilkan garam empedu dan mengekskresikan pigmen empedu yang berfungsi untuk mengikat hemoglobin dalam proses penghancuran sel darah merah. Di hati juga dihasilkan makrofag-sel Kupffer-yang mempunyai fungsi sama dengan makrofag yang ada di seluruh tubuh dan juga untuk memfagosit hasil lisis dari sel darah merah. Jadi hati mempunyai peran yang sangat penting sebagai tempat penyimpanan dan regulasi dari sirkulasi darah (Maximow dan Bloom, 1987).

Hati juga berfungsi sebagai kelenjar endokrin untuk mencerna makanan, anti anemia faktor, heparin dan fibrinogen. Salah satu fungsi yang penting dari hati adalah dalam hal membentuk formasi dari glikogen. Peningkatan glikogen di hati setelah makan dan penurunan glikogen selama puasa dicukupi glikogen dari hati. Jika tersedia dalam jumlah banyak dalam sel hati, akan terlihat di sekitar vena sentralis yang berbentuk granula-granula, dan ketika kandungan karbohidrat dalam makanan berkurang, maka sel hati akan menyerap glikogen disekitar vena sentralis. Hati akan melepas glikogen pertama kali pada sel hati di pinggiran dari lobulus (Ressang, 1984).

Peran penting lain dari hati adalah formasi urea dengan deaminasi oleh arginin. Empedu, skresi eksternal banyak mengandung air, pigmen empedu, asam empedu, kolesterol, lesitin, lemak jenuh, garam anorganik dan urea (Maximow dan Bloom, 1987).







**BAB III**  
**MATERI DAN METODE PENELITIAN**

BAB III

MATERI DAN METODE PENELITIAN

## **BAB III**

### **MATERI DAN METODE PENELITIAN**

#### **III.1. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilakukan di dua lokasi yaitu, di dusun Godekan desa Kajeksan kecamatan Tulangan kabupaten Sidoarjo Jawa Timur dan di Laboratorium Biokimia, sedangkan pembedahan dilakukan di Laboratorium GRAMIK Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga dan pembuatan sediaan histologi dilakukan di laboratorium Patologi Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga Surabaya. Pelaksanaan penelitian dimulai pada tanggal 4 Oktober 2001 sampai dengan 26 Maret 2002.

#### **III.2. Materi Penelitian**

##### **III.2.1. Hewan percobaan**

Hewan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tikus putih (*Rattus norvegicus*) strain Wistar jantan sebanyak 25 ekor yang berumur 10 minggu yang diperoleh dari laboratorium Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya.

##### **III.2.2. Bahan-bahan penelitian**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pakan ayam PAR-G, air, eter, kapas, aquadest dan bahan-bahan untuk pembuatan sediaan histologi.



### **III.2.3. Alat**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah kandang tikus yang dilengkapi tempat makan dan minum, toples, peralatan bedah, pot-pot obat, alat untuk pembuatan sediaan histologis, *ELF-Surveymeter* dan mikroskop.

### **III.3. Metode Penelitian**

#### **III.3.1. Pengukuran medan listrik dan medan magnet**

Pengukuran medan listrik dan medan magnet dilakukan oleh teknisi dari jurusan Teknik Elektro ITS dengan menggunakan alat *ELF-Surveymeter*. Pengukuran dilakukan di dua lokasi yaitu di dusun Godekan desa Kajeksan kecamatan Tulangan kabupaten Sidoarjo di bawah jaringan SUTET-500 kV dan di laboratorium Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya. Pengukuran ini dilakukan sebanyak lima kali di halaman maupun di dalam kandang tikus, hasilnya kemudian dirata-rata. Hal ini dilakukan karena besar medan listrik dan medan magnet di halaman dan di dalam kandang berbeda.

#### **III.3.2. Persiapan hewan percobaan**

Hewan percobaan yang akan mendapat perlakuan dibawa ke tempat lokasi penelitian di kecamatan Tulangan Sidoarjo, sedangkan kontrol diletakkan di laboratorium Biokimia Universitas Airlangga Surabaya.

Hewan percobaan diletakkan di kandang yang dirancang khusus dimana kandang tersebut memiliki halaman sehingga pada waktu-waktu tertentu hewan percobaan tersebut bisa terpapar di halaman ataupun didalam kandang dimana besar



medan listrik dan medan magnet di dalam dan di halaman kandang berbeda. Sedangkan kandang untuk kontrol dan perlakuan dibuat sama.

### III.3.3. Perlakuan hewan percobaan

Penelitian ini menggunakan 25 ekor tikus putih yang mendapat perlakuan sebagai berikut :

- Po : Terdiri dari lima ekor tikus putih sebagai kontrol dipaparkan pada medan listrik dan medan magnet alami selama 57 hari (8 minggu) dengan intensitas medan listrik (E) di dalam dan di halaman kandang 0,0042 kV/m dan intensitas medan magnet (H) di dalam dan di luar kandang 0,035 A/m dengan total dosis paparan medan listrik 2.9517 kV jam/m dan total paparan medan magnet 24.3425 A jam/m.
- P1 : Terdiri dari 10 ekor tikus putih dipaparkan di bawah jaringan SUTET-500 kV selama 29 hari (4 minggu) dengan intensitas medan listrik (E) di dalam kandang 1.028 kV/m, di halaman kandang 2.010 kV/m dan intensitas medan magnet (H) di dalam kandang 0.872 A/m, di halaman kandang 0.9138 A/m dengan total dosis paparan medan listrik 909.7373 kV jam/m dan total dosis paparan medan magnet 614.5675 A jam/m.
- P2 : Terdiri dari 10 ekor tikus putih dipaparkan di bawah jaringan SUTET-500 kV selama 57 hari (8 minggu) dengan intensitas medan listrik (E) di dalam kandang 1.028 kV/m, di halaman kandang 2.010 kV/m dan intensitas medan magnet (H) di dalam kandang 0.872 A/m, di halaman kandang





0.9138 A/m dengan total dosis paparan medan listrik 1732.469 kV jam/m dan total dosis paparan medan magnet 1205.952 A jam/m.

Selama masa perlakuan tikus putih tersebut di beri pakan dan minum ad libitum.

Setelah perlakuan tikus putih dari masing-masing perlakuan dianastesi dengan cara memasukkan tikus putih ke dalam toples berisi kapas yang telah dibasahi eter. Kemudian segera dilakukan pembedahan untuk mengambil hatinya. Setelah hati diambil kemudian masing-masing hati dimasukkan ke dalam pot yang berisi buffer formalin 10%. Untuk pembuatan preparat histologis diambilkan potongan hati bagian lobus dexter, dan dilanjutkan dengan pembuatan sediaan histologis. (lampiran 1).

#### **III.3.4. Pemeriksaan preparat histopatologi**

Pengamatan secara mikroskopik dilakukan dengan menggunakan mikroskop cahaya, mula-mula menggunakan perbesaran 100 X dan dilanjutkan dengan perbesaran 400 X. Setiap preparat diamati perubahannya melalui lima lapangan pandang yang berbeda.

Kemudian pada setiap lapangan pandang ditentukan pemberian tanda positif (+) atau negatif (-) terhadap setiap perubahan gambaran histopatologi hati untuk setiap preparat histopatologi. Sebagai contoh, misalnya pada lapangan pandang pertama, bila terdapat perubahan gambaran histopatologi hati berupa degenerasi sekitar 50% (separuh) dari lapangan pandang, maka diberi tanda positif (+) dan bila terdapat perubahan gambaran histopatologi hati berupa degenerasi kurang dari 50% (separuh) dari lapangan pandang, maka diberi tanda (-). Penilaian ini dilakukan sampai lapangan pandang yang kelima.



Setelah itu ditentukan pemberian tanda positif (+) atau negatif (-) untuk mewakili kelima lapangan pandang pada setiap perubahan gambaran histopatologi hati dari setiap preparat histopatologi dengan melihat tanda dari lapangan pandang pertama sampai lapangan pandang kelima. Sebagai contoh, bila dari kelima lapangan pandang terdapat tiga atau lebih lapangan pandang yang bertanda positif (+), maka diberi tanda positif (+) untuk mewakili kelima lapangan pandang tersebut dan bila dari kelima lapangan pandang terdapat kurang dari tiga lapangan pandang yang bertanda positif (+), maka diberi tanda negatif (-) untuk mewakili kelima lapangan pandang tersebut. Hasil yang diperoleh dari penilaian tersebut disajikan sebagai data perubahan gambaran histopatologi hati (lampiran 2-4).

### **III.3.5. Rancangan penelitian**

Rancangan penelitian (percobaan) yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga kelompok perlakuan, masing-masing 5 ekor untuk P0 dan 10 ekor untuk P1 dan P2 ( Kusriningrum, 1998).

### **III.3.6. Peubah yang diamati**

Pengamatan dilakukan terhadap gambaran histologi hati yang meliputi :

1. Kongesti yaitu suatu keadaan adanya penyumbatan dalam pembuluh darah sehingga terjadi hambatan aliran darah
2. Degenerasi yaitu suatu keadaan dimana sel mengalami kerusakan yang ditandai dengan adanya vakuola dalam sitoplasma dan bersifat reversibel
3. Nekrose yaitu suatu keadaan dimana sel mengalami kematian yang ditandai dengan adanya kerusakan membran sel, sitoplasma dan kerusakan inti.



Selanjutnya dilakukan pemberian skor terhadap data perubahan gambaran histopatologi hati tersebut untuk setiap ulangan pada setiap kelompok perlakuan terhadap setiap perubahan gambaran histopatologi hati berdasarkan masing-masing tingkat perubahan gambaran histopatologi hati tersebut. Data perubahan gambaran histopatologi hati yang bertanda negatif (-) diberi skor 0 dan perubahan gambaran histopatologi hati yang bertanda positif diberi skor seperti dalam tabel 1.

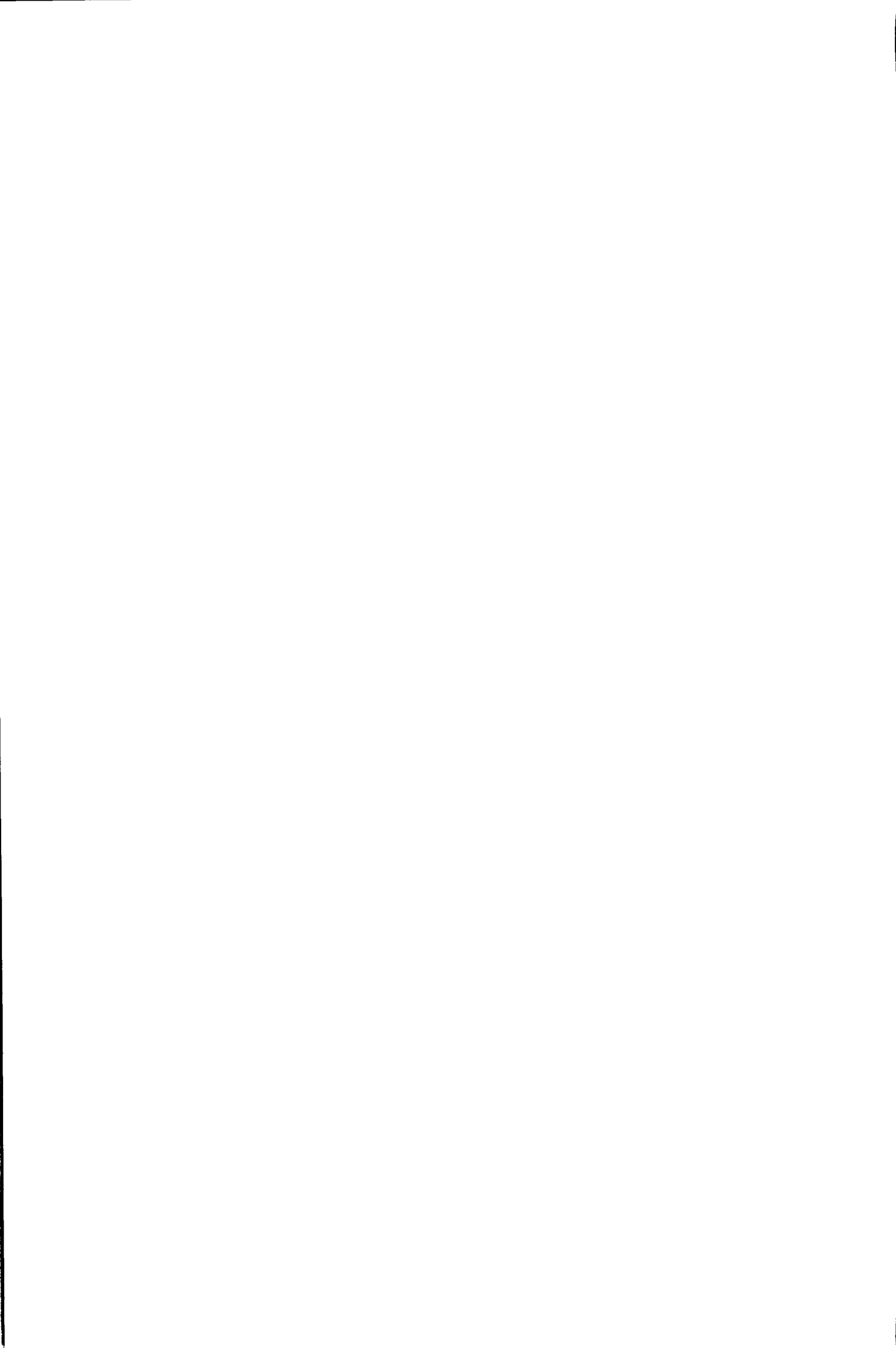
Tabel 1. Skor Perubahan Gambaran Histopatologi Hati Tikus Putih

Tingkat Perubahan Gambaran Histopatologi Hati	Skor
A = Kongesti	1
B = Degenerasi	2
C = Nekrose	3

Setelah itu dilakukan penjumlahan skor dalam data perubahan gambaran histopatologi hati tikus putih untuk setiap ulangan pada setiap kelompok perlakuan. (Lampiran 5).

### III.3.7. Analisis data

Data perubahan gambaran histopatologi hati tikus putih yang sudah diberi skor, diolah dengan penilaian peringkat (rank) lalu dianalisis dengan uji statistik nonparametrik dengan menggunakan uji Kruskal-Wallis. Apabila terdapat perbedaan yang nyata diantara kelompok perlakuan dilanjutkan dengan Uji Pembandingan Berganda (Uji Z) 5% (Daniel,1989).





**BAB IV**  
**HASIL PENELITIAN**

HASIL PENELITIAN  
BAB IV



## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN**

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh lama pemaparan medan elektromagnetik *ELF* terhadap gambaran histopatologi hati pada 25 ekor tikus putih (*Rattus nowegicus*) strain *Wistar* jantan selama 29 hari dan 57 hari.

Hasil pengamatan secara mikroskopis preparat histopatologi hati tikus putih melalui lima lapangan pandang yang berbeda dari seluruh kelompok perlakuan pada penelitian ini menunjukkan adanya perubahan gambaran histopatologi pada organ hati mencit berupa kongesti, degenerasi dan nekrose.

Lama pemaparan medan elektromagnetik *ELF* alami (P0) tidak berpengaruh terhadap gambaran histopatologi hati tikus putih. Pemaparan di bawah jaringan SUTET-500 kV selama 29 hari (P1) menyebabkan perubahan gambaran histopatologi hati tikus putih berupa kongesti dan degenerasi, sedangkan pemaparan di bawah jaringan SUTET-500 kV selama 57 hari (P2) menyebabkan perubahan gambaran histopatologi hati tikus putih berupa kongesti, degenerasi dan nekrose.

Perubahan gambaran histopatologi hati yang diperoleh dari pengamatan secara mikroskopik melalui lima lapangan pandang yang berbeda terhadap seluruh preparat histopatologi hati tikus putih dari semua kelompok perlakuan yaitu kelompok P2 mengalami perubahan berupa kongesti, degenerasi dan nekrose, kelompok P1 mengalami perubahan berupa kongesti dan degenerasi, sedang



kelompok P0 mengalami perubahan berupa kongesti, dicatat dan di skor lalu diolah dengan penilaian peringkat (rank). Selanjutnya dianalisis dengan uji statistik non parametrik dengan menggunakan Uji Kruskal – Wallis dan hasil yang diperoleh adalah:  $H_{hitung\ terkoreksi} = 12,81$  sedang  $H_{tabel(0,05)} = 5,99$ . Dari hasil analisis statistik tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata diantara kelompok perlakuan.

Karena terdapat perbedaan yang nyata, maka dilanjutkan dengan Uji Pembandingan Berganda (Uji Z) 5% untuk mengetahui perbedaan antar kelompok perlakuan pada perubahan gambaran histopatologi hati tikus putih yang hasilnya seperti terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai Rata-rata Rank dan Simpangan Baku Perubahan Gambaran Histopatologi Hati Tikus Putih.

Perlakuan	Jumlah Hewan Percobaan	Rata-rata Rank $\pm$ SD
P0	5	6,50 <sup>b</sup> $\pm$ 3,35
P1	10	10,25 <sup>b</sup> $\pm$ 5,83
P2	10	19,00 <sup>a</sup> $\pm$ 4,88

Superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ( $p < 0,05$ )

Dari hasil analisis statistik dapat diketahui bahwa P2 berbeda nyata dengan P1 dan P0, dan kelompok P1 tidak berbeda nyata dengan P0.





**BAB V**  
**PEMBAHASAN**

PEZIRBAHASAN  
REVISI

## **BAB V**

### **PEMBAHASAN**

Lama pemaparan medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik *ELF* di bawah jaringan SUTET-500 kV pada tikus putih (*Rattus norvegicus*) strain *Wistar* jantan selama 29 hari dan 57 hari menyebabkan perubahan pada gambaran histopatologi hati tikus putih. Perubahan yang tampak pada gambaran histopatologi hati yang diperoleh dari pemeriksaan mikroskopik melalui lima lapangan pandang yang berbeda terhadap seluruh preparat histopatologi hati adalah degenerasi, nekrose, dan kongesti.

Hasil dari analisis data perubahan gambaran histopatologi hati diuji dengan Uji Kruskal-Wallis yang hasilnya memberikan perbedaan yang nyata dimana kelompok P2 mengalami perubahan gambaran histopatologi hati berupa kongesti, degenerasi dan nekrose, kelompok P1 terjadi kongesti dan degenerasi, sedang kelompok P0 relatif tidak mengalami perubahan. Kelompok P2 berbeda nyata dengan P1 dan P0, dan kelompok P1 tidak berbeda nyata dengan P0.

Lokhmatova dan Pustukhova (1993) menyatakan bahwa pemaparan terhadap medan listrik dalam waktu yang lama dapat menyebabkan terjadinya gangguan metabolisme sel. Hal ini sejalan dengan penelitian ini dimana lama pemaparan gelombang elektromagnetik *ELF* berpengaruh terhadap gambaran histopatologi hati tikus putih berupa kongesti, degenerasi dan nekrose.

Mild (2000) menyatakan bahwa medan magnet tidak mempunyai cukup energi untuk dapat langsung menyebabkan kerusakan DNA dalam sel manusia,

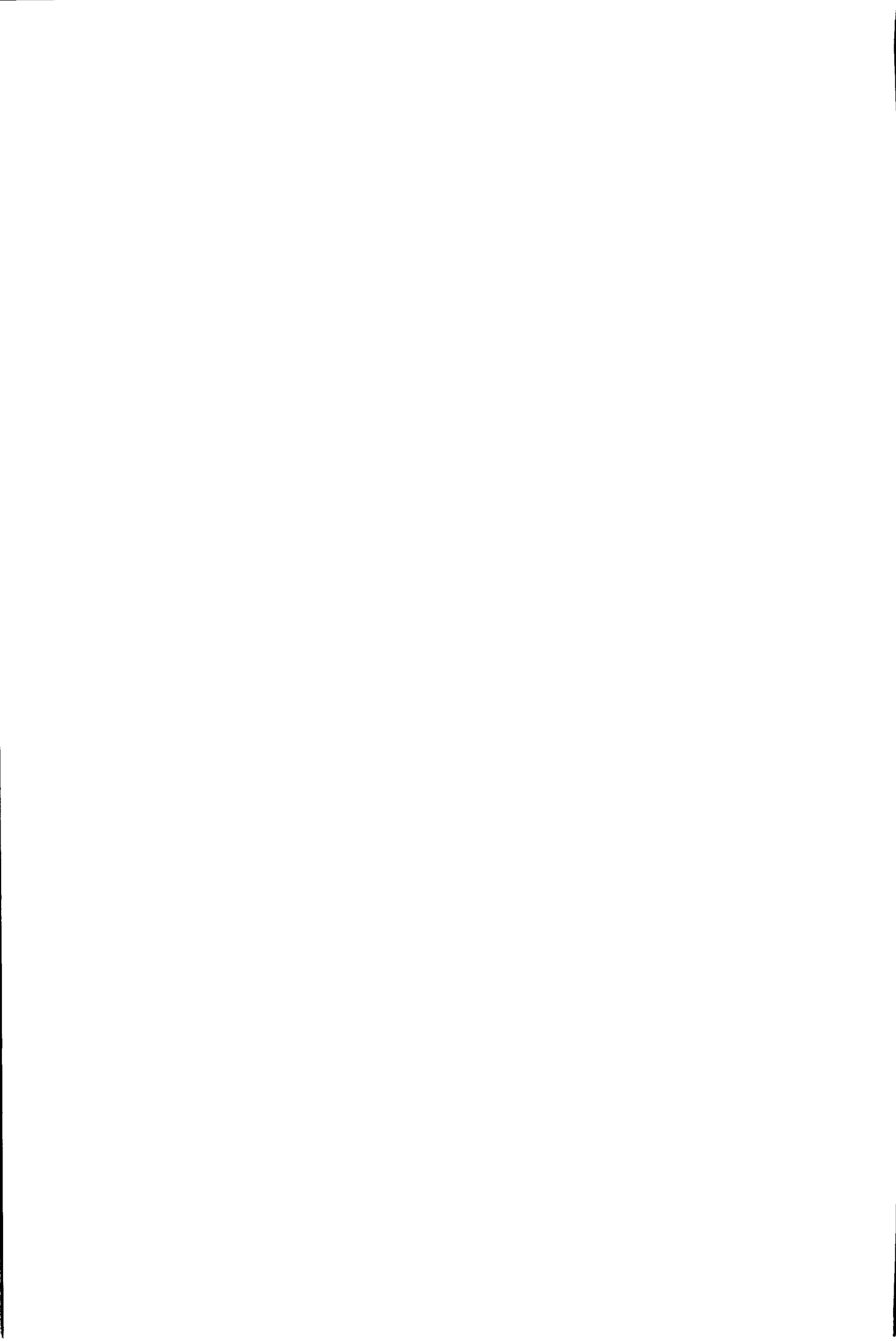




namun demikian, Svedenstal (1999) menyebutkan adanya kerusakan DNA dari sel otak tikus putih yang terpapar medan magnet dari saluran transmisi. Hal ini disebabkan medan magnet mempunyai potensi yang mengarah ke proses kimia dimana radikal bebas terlibat di dalamnya (Walleczeck, 1999). Lai dan Singh (1997) berpendapat bahwa medan magnet mempunyai pengaruh terhadap radikal bebas dimana semakin lama terpapar oleh medan magnet maka jumlah radikal bebas akan semakin bertambah.

Sifat dari radikal bebas seperti superoksida dan katalase tampak dalam penelitiannya Parola dan Katsir (1999) yang melakukan penelitian terhadap fibroblas embrio anak ayam yang ditambah dengan radikal bebas yang dipaparkan pada medan magnet 50-100 Hz, 0,06-0,7  $\mu$ T yang hasilnya terjadi hambatan proliferasi sel dari fibroblas embrio anak ayam. Hal ini sesuai dengan konsep yang menyebutkan bahwa medan magnet dapat menimbulkan adanya radikal bebas dalam spesies, yang secara tidak langsung dapat menyebabkan terganggunya metabolisme sel yang pada akhirnya akan menyebabkan kerusakan sel.

Dreosti (1991) menyatakan bahwa radikal bebas dapat dihasilkan oleh individu dalam spesies dan dapat dinetralkan tubuh oleh enzim-enzim yang dihasilkan oleh tubuh. Adanya penumpukan radikal bebas (seperti dalam penelitian ini) dapat membahayakan tubuh karena dapat merusak sel dalam tubuh individu yang disebabkan oleh terhambatnya proses penetralan radikal bebas oleh enzim.



Robbins dan Kumar (1992) menyatakan bahwa pada keadaan ini radikal bebas sangat reaktif dan tidak mantap dan dalam sel mengadakan reaksi dengan bahan kimia organik dan anorganik (protein, lemak dan karbohidrat) terutama dengan molekul-molekul pada membran dan asam nukleat. Selain itu radikal bebas mengawali reaksi autokatalisis dimana molekul-molekul yang bereaksi diubah sendiri menjadi radikal-radikal bebas, oleh karena itu menggalakkan rantai kerusakan. Radikal bebas dapat dibentuk dari dalam sel oleh kalor yang dihasilkan oleh medan elektromagnetik.

Kerusakan yang disebabkan radikal bebas setelah beberapa waktu dapat menyebabkan penuaan sel. Lipofusin, pigmen yang diuraikan tertimbun dalam berbagai jaringan (jantung, hati dan otak). Lipofusin ialah pigmen yang tidak larut yang juga dikenal sebagai lipokrom, pigmen kerusakan atau penuaan. Lipofusin merupakan zat hasil yang disebabkan oleh adanya radikal bebas atau peroksida dalam tubuh. Lipofusin tampak dalam sel yang mengalami regresif lambat seperti pada atrofi yang terjadi pada usia lanjut terutama tampak nyata dalam hati dan jantung.

Kelainan morfologis dalam sel yang disebabkan oleh medan elektromagnetik tidak nyata atau secara kualitatif tidak berbeda dari yang ditemukan pada kerusakan yang disebabkan oleh agen lain. Baik sitoplasma dan inti terserang. Gejala awal berupa pembengkakan seluler, vakuolisasi sitoplasmik (degenerasi cloudy swelling), pembesaran mitokondria, distorsi, kerusakan, pembengkakan dan dan fragmentasi retikulum endoplasmik. Inti membengkak, menjadi tervakuolisasi, dan pada sel yang sangat terganggu mengalami piknosis



atau karioreksis. Kerusakan membran inti, dan plasma terjadi pada sel yang telah lama terpapar medan elektromagnetik (Robbins dan Kumar, 1992).

Kebanyakan efek paparan medan elektromagnetik pada jaringan normal diperantarai oleh kerusakan vaskulatur. Kemudian (atau dengan pemaparan yang lebih berat), sel endotel mengalami pembengkakan, vakuolisasi dan bahkan pemusnahan. Lalu, pembuluh darah yang rusak berat akan ruptur, bertrombosis atau mengalami fibrosis progresif. Akibatnya sel parenkim dependen akan terganggu nutrisinya dan mengalami atrofi atau mati (Robbins dan Kumar, 1992).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa sensitivitas sel terhadap gelombang elektromagnetik *ELF* adalah pada membran sel, yaitu dapat merubah struktur membran sel dan merubah konduktivitas membran sel. Hal ini akan berpengaruh terhadap keseimbangan ion ekstraseluler dan intra seluler yaitu ion Na, K dan yang paling peka adalah ion Ca. Ion  $Ca^{2+}$  berperan paling penting pada penyampaian impuls rangsangan saraf dan berfungsi sebagai sinyal pengaturan terhadap berbagai fungsi biologis serta berpengaruh terhadap sistem enzimatik dan pengaturan sisa-sisa metabolit (WHO, 1984; Shimizu, 1995).

Hal ini dapat terlihat dalam penelitian ini yaitu dengan adanya kerusakan pada sel hepatosit dimana membran sel merupakan faktor utama dalam pengaturan homeokinesis atau homeostasis sel yang mempunyai peranan penting dalam hal menentukan masuk dan keluarnya bahan pada sel. Terjadinya perubahan struktur dan konduktivitas membran sel dapat mengakibatkan gangguan terhadap homeostasis sel serta terjadi ketidakseimbangan antara masuk

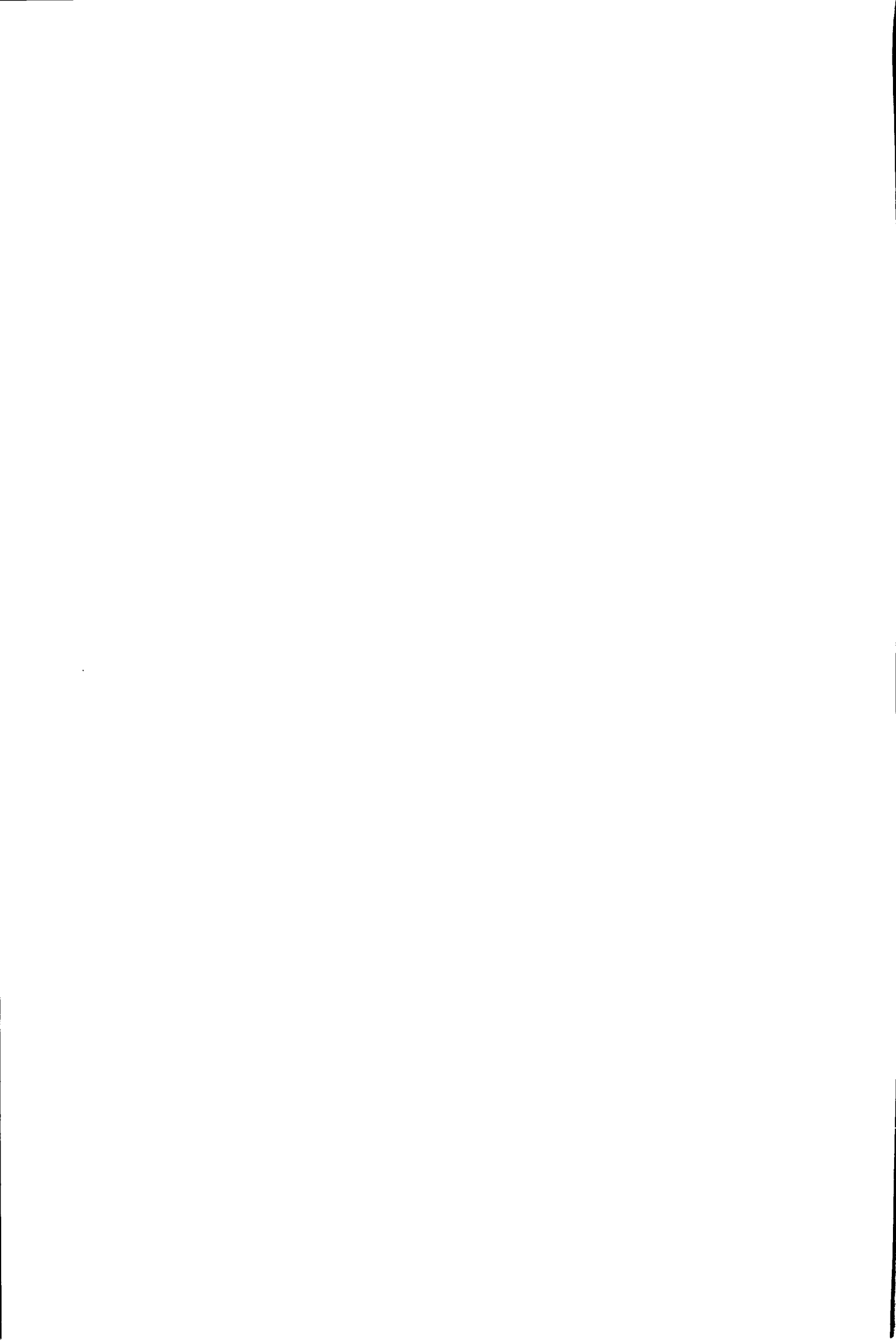


dan keluarnya bahan pada sel termasuk transpor aktif  $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$  (WHO,1984; Shimizu, 1995).

Transpor aktif  $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$  berhubungan langsung dengan metabolisme yaitu makin besar kecepatan pompa Natrium dan Kalium maka makin banyak ADP yang dibentuk, suplai ADP yang ada menentukan kecepatan pembentukan ATP oleh fosforilasi oksidatif. Terganggunya proses fosforilasi oksidatif dapat menyebabkan pasokan energi yang diperlukan untuk memelihara fungsi dan struktur retikulum endoplasmik berkurang, sehingga sintesis protein menurun. Paparan medan elektromagnetik dengan dosis rendah dapat menyebabkan foci liver dan lesi preneoplastik (Imaida K, 2000).

Secara biofisika dapat diterangkan bahwa sel penyusun jaringan terdiri dari atom baik berupa molekul maupun ion, dibawah pengaruh medan elektromagnetik maka atom tersebut akan mendapat baik gaya listrik maupun gaya magnet, sehingga akan timbul arus listrik dan kalor yang kecil dalam sel (Cember, 1969). Grotel (1992) melaporkan bahwa paparan medan elektromagnetik *ELF* pada intensitas rendah telah dapat merubah konduktivitas membran sel, sehingga berpengaruh pada distribusi ion Ca dalam sel (Kim dkk, 1998).

Grotel (1992) menyatakan bahwa medan elektromagnetik *ELF* dapat menimbulkan arus lemah pada jaringan dan dapat menimbulkan kalor yang lebih kecil dari pada kalor yang dihasilkan oleh sel-sel tubuh, kondisi tersebut terbukti berpengaruh terhadap konduktivitas membran sel (Shimizu, 1995).







**BAB VI**  
**KESIMPULAN DAN SARAN**

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **VI.1. Kesimpulan**

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa lama paparan medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik *ELF* di bawah jaringan SUTET-500 kV berpengaruh terhadap gambaran histopatologi hati tikus putih (*Rattus norvegicus*) strain *Wistar* jantan yaitu :

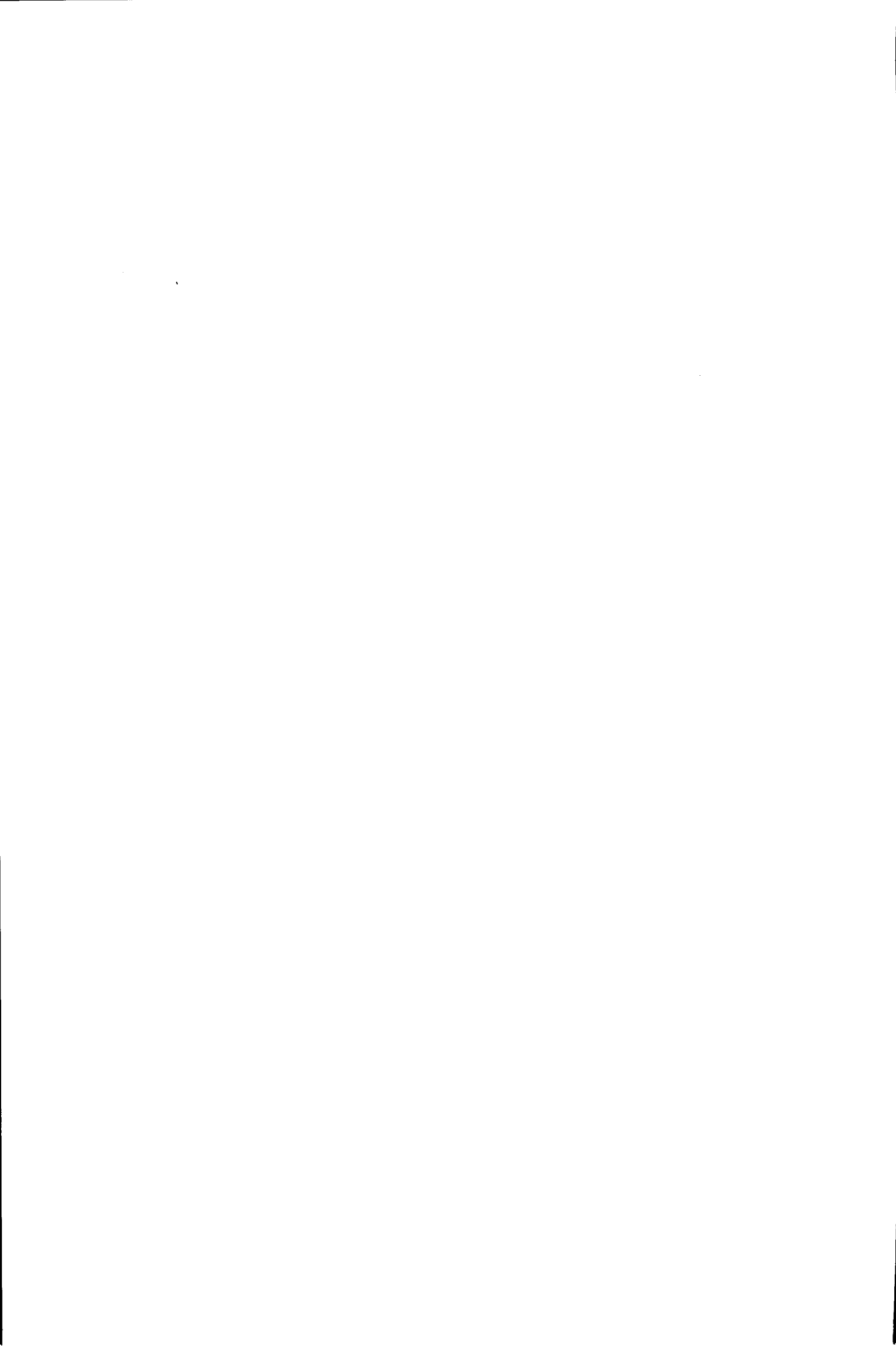
- 1) menimbulkan perubahan pada hati berupa degenerasi pada paparan selama 29 hari
- 2) menimbulkan perubahan pada hati berupa degenerasi; nekrosis pada paparan di bawah SUTET-500 kV selama 57 hari

Dari hasil analisis statistik didapatkan bahwa terjadi perbedaan yang nyata antara kelompok perlakuan, dimana P2 berbeda nyata dengan P1 dan P0, dan P1 tidak berbeda nyata dengan P0.

#### **VI.2. Saran**

Dalam penelitian ini disarankan perlunya penelitian lebih lanjut tentang pengaruh medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik *ELF* terhadap organ yang berbeda.

Juga disarankan untuk mengadakan kegiatan protektif terhadap jaringan SUTET-500 kV yang melewati pemukiman penduduk untuk menghindari dan mencegah efek-efek berbahaya yang ditimbulkan.





**RINGKASAN**

BINGKASAN

## RINGKASAN

DAVID NURHIDAYAT. "Pengaruh Lama Paparan Medan Elektromagnetik *Extremely Low Frequency (ELF)* Terhadap Gambaran Histopatologi Hati Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) Strain Westar Jantan".

Kebutuhan listrik semakin meningkat sejalan dengan kemajuan teknologi. Untuk memenuhi kebutuhan listrik pemerintah telah membangun pembangkit listrik bertenaga besar. Penyaluran energi listrik dari pusat beban ke pusat beban yang lebih jauh menggunakan saluran transmisi tenaga listrik berupa saluran udara tegangan extra tinggi (SUTET) 500 kV dan saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV. Berdasarkan teori gelombang elektromagnetik, di sekitar jaringan transmisi SUTET dan SUTT ini akan timbul medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik *ELF*.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik *ELF* terhadap gambaran histologi hati tikus putih.

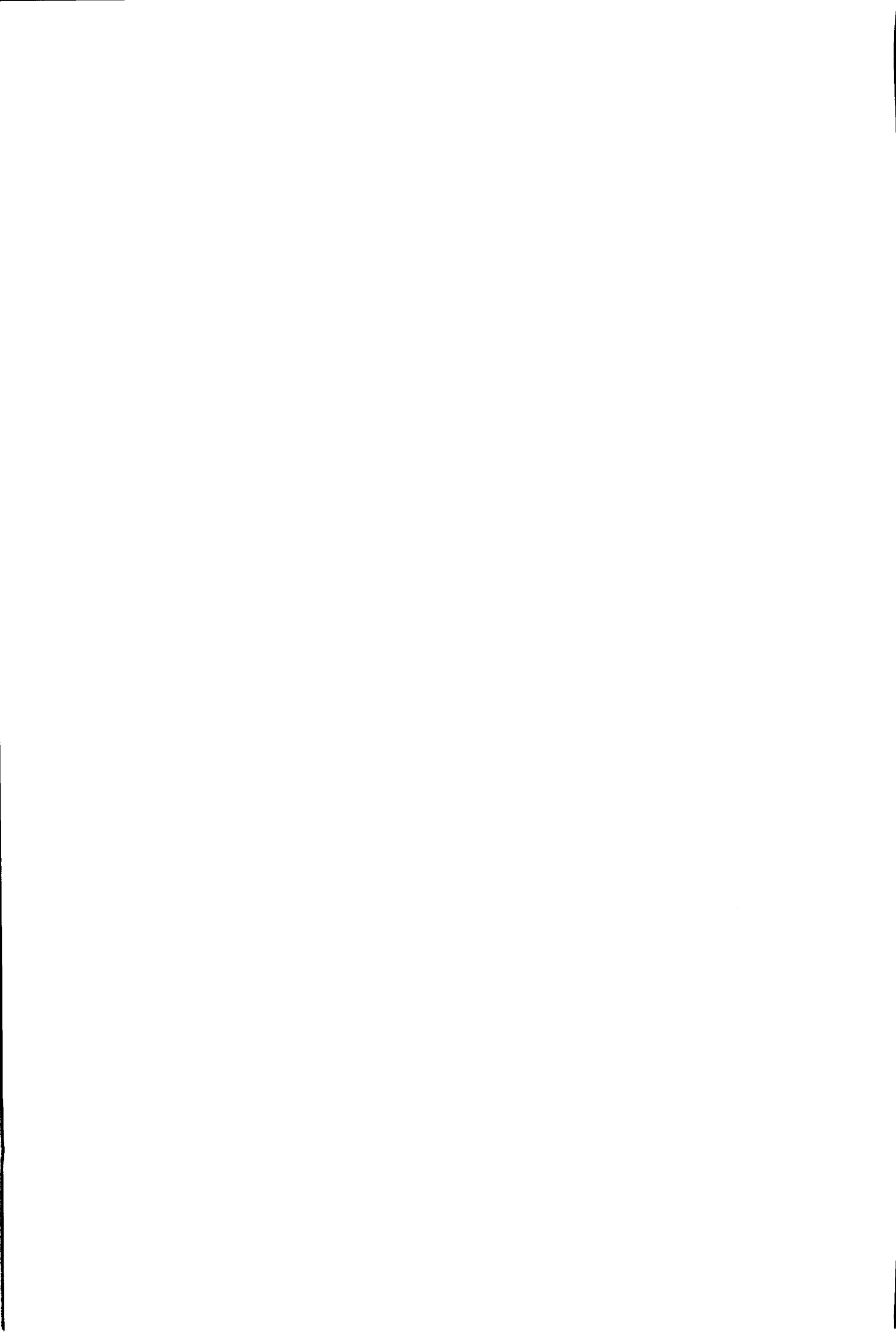
Dalam penelitian ini menggunakan 25 ekor tikus putih (*Rattus norvegicus*) Strain Westar jantan yang dibagi dalam tiga kelompok perlakuan yaitu: lima ekor kelompok kontrol (P0) yang dipaparkan pada medan listrik dan medan magnet alami selama 57 hari (8 minggu), 10 ekor kelompok P1 dan 10 ekor kelompok P2 yang masing-masing dipaparkan dibawah jaringan SUTET-500 kV selama 29 hari (4 minggu) dan 57 hari (8 minggu). Setelah perlakuan hewan coba dianastesi dan diambil organ hatinya untuk dibuat sediaan histologis.





Hasil dari pemeriksaan mikroskopik dicatat dan diskor lalu diolah dengan penilaian peringkat (rank), dianalisis dengan uji statistik non parametrik dengan menggunakan Uji Kruskal-Wallis dan dilanjutkan dengan Uji Pembandingan Berganda (Uji Z) 5 %.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa lama paparan medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik *ELF* berpengaruh terhadap gambaran histopatologi hati tikus putih berupa kongesti, degenerasi dan nekrose. Kelompok P2 mengalami perubahan berupa kongesti, degenerasi dan nekrose, dan berbeda nyata dengan P1 dan P0. Walaupun degenerasi didapatkan pada kelompok P1 namun perubahan yang terjadi tidak berbeda nyata dengan P0 yang relatif tidak mengalami perubahan histologis.





**DAFTAR PUSTAKA**

DAFTAR PUSTAKA

## DAFTAR PUSTAKA

- Cember H, 1969. Pengantar Fisika Kesehatan. Terjemahan. Penerbit Airlangga University Press. Hal. 224-230.
- Daniel, W.W, 1989. Statistika Nonparametrik Terapan. Terjemahan: Alex Tri Kantjono W. penerbit PT Gramedia. Jakarta. Hal. 258-264, 272-276.
- Dreosti Ivor E., 1991. Trace Element, Micro Nutrients and Free Radicals. Division of Human Nutrition, CSIRO, Adelaide, Australia. Humana Press. Totowa, New Jersey. Hal. 24-46.
- Eugene Ackerman, Lynda B.M, Williams L.E, 1978. Ilmu Biofisika. Kerusakan sel biologis. Terjemahan. Penerbit: Airlangga University Press. Hal 303-305.
- Flipo D, Fournier M, Berguet, Roux P, Le Boulaice C, Pinsky C, La Bella FS, krzystyniak K, 1998. Increased apoptosis, changes intracellular  $Ca^{2+}$ , and functional alteration in lymphocytes and macrophages after in vitro exposure to static magnetic field. J Toxicol Environ Health 54 (1) 64-76. Canada.
- Griffith H, 1981. Fisika Terapan. Fisika Elektromagnetik. Terjemahan. Penerbit: Airlangga University Press. Hal 141-150.
- Grotel E, Peter GK, Grobinski H, 1992. EMF and ELF Fact Sheet. Electronoc, 77: 255-260.
- Guyton A.C. and JE Hall, 1997. Buku Ajar Fisiologi Kedokteran. Edisi Kesembilan. Cetakan Pertama. Terjemahan : Irawati setiawan, LMA Ken Ariata Tengadi, dan Alex Santoso. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.. hal 1028, 1030, 1105-1108.
- Imaida K, 2000. Effect of low dose electromagnetic field exposure. Departement of Pathology, Nagoya City University Medical School, Nagoya, Japan. 155(1); 105-140.
- Kim Yu, Conover DL, Lots WG, Cleary SF, 1998. Electric field-induced changes in agonist stimulated Calcium fluxes of human HL leucemia cells. Bioelectromagnetic, 19(6): 366-376. Cincinnati, Ohio, USA.
- Kusriningrum Rochiman, 1998. Dasar Rancangan Percobaan dan Rancangan Acak Lengkap. Universitas Airlangga.



- Lai H, Singh NP, 1997. Acute exposure to 60 Hz pulsed magnetic fields increases DNA strand breaks in rat brain cells. *Bioelectromagnetics* 18: 156-165.
- Lee W, 1982. Magnetic Field Effect on biomolecules, Cell and Living Organism. *Biosystem*, 36(3): 187-229.
- Leeson CR, TS Leeson and AA Paparo, 1995. Buku Ajar Histologi, Edisi V, Cetakan V, Terjemahan: S Koesparto Siswojo, Jan Tambajong, Sugito Wonodirekso, Isnani A. Suryono, R, Tansil, R. Soeharto, Soenanto Roewiyoko, Isworo Goeritnoko dan M. Martoprawiro. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta. Hal. 383, 385-338,392.
- Liptay S, Seriu T, Bartram CR, Schmid RM, 1997. Germline configuration of nfk2, c-rel and bcl3 in childhood acute lymphoblastic leucemia. *Leucemia*, 11(8): 1364-6.
- Lokhmatova A., Pustukhova D., 1993. Magnetic Fields Effect to Cellular metabolism. Russian Medical Departement. *Bioelectromagnetic*: 131-142.
- Maximow and Bloom, 1987. A Text Book of Histologi 5<sup>th</sup> edition, Chapter XX, Liver, Bilt Duct and Gallbladder: 420-426.
- Mild KH, 2000. Chromosomal Aberations in Peripheral Lymphocytes of Train Engine Drivers. National Institute for Working Life, Umea, Sweden. *Bioelectromagnetics* 22: 306-315 (2001).
- Misaco W, Sektiari B.L., Setiawan B., 2001. Pengaruh Intensitas dan Lama Paparan Medan Elektromagnetik Extremely Low Frequency Terhadap Pembuluh Darah Aorta Tikus Putih. Lembaga Penelitian Universitas Airlangga. Hal 26-30.
- Parola AH, Katsir G, 1999. The enhanced cell proliferation caused by sinusoidaly varying magnetic field is supressed by radical scavenger. In : The Biomagnetic Society, 21<sup>st</sup> annual meeting, Long Beach, USA. p.20.
- Reiter RJ, 1994. Melatonin Suspension by Static and ELF electromagnetic Fields: Relationship to the Reported Increased Incidence of Cancer. *Rev Environ Health*, 10(3-4): 171-186.
- Ressang A.A., 1984. Buku Pelajaran Khusus Patolgi Veteriner. Edisi Kedua. Team Leader IFAD Project: Bali Cattle Disease Investigation Unit, Denpasar, Bali. Hal 45-49.
- Robbins S.L. dan Kumar V M.D, 1992. Buku Ajar Patologi I Edisi 4. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Hal : 3-31, 311-314.





- Sheila Sherlock, 1995. Penyakit Hati dan Sistem Empedu. Cetakan II. Terjemahan: Petrus Andrianto. Penerbit Widya Medika, Jakarta. Hal 15, 215-223.
- Shimizu H and Suzuki Y, 1995. Biological Effect of Electromagnetic Fields. Nippon Eiseigaku Zasshi, 50(5): 919-1031.
- Simanjuntak, 1985. Fisika Dasar. Sifat-sifat elektromagnetik. Hal 57-60.
- Sudarti, 2000. Pengaruh Paparan Medan Elektromagnetik Extremely Low Frequency Terhadap Modulasi Respon Imun Pada Tikus Putih. Hal 1-29.
- Svedenstal BM, Johansson KJ, 1999. DNA Damage Induced in Brain Cell of CBA Mice Exposed to Magnetic Fields. In vivo 13: 507-514.
- Walleczek J, 1992. Electromagnetic field effects on cells on the immune system: the role of calcium signaling, FASEB J Oct; 6(13): 3177-85. University of Carolina.
- WHO, 1984. Extremely Low Frequency (ELF) Fields. Environments Health Criteria 35, Geneva.
- WHO, 1987. Magnetic Fields Exposure on Environments. Environments Health Criteria 35, Geneva.





**LAMPIRAN**

LAMPIRAN

# LAMPIRAN



## Lampiran 1. Prosedur Pembuatan Preparat Histopatologi Hati

Pembuatan preparat histopatologi dilaksanakan di Laboratorium Patologi Veteriner Universitas Airlangga Surabaya dengan tahap-tahap sebagai berikut:

### 1. Fiksasi dan Pencucian

Tujuannya untuk menghentikan proses metabolisme jaringan, mencegah terjadinya degenerasi jaringan pasca mati, mematikan kuman atau bakteri, menjadikan jaringan lebih keras sehingga menjadi lebih mudah dipotong dan meningkatkan afinitas jaringan terhadap bermacam-macam zat warna.

Setelah hewan coba mati, segera dilakukan seksi (pembedahan), lalu organ hati diambil dan dicuci dengan NaCl fisiologis terlebih dahulu untuk menghilangkan darah yang mungkin menempel pada organ hati sewaktu proses seksi (pembedahan) dilakukan. Kemudian organ hati dimasukkan ke dalam formalin 10% sekurang-kurangnya selama 24 jam. Selanjutnya organ hati dipotong dengan ketebalan 0,5 cm dan kemudian dicuci dengan air kran yang mengalir selama 30 menit.

### 2. Dehidrasi dan Clearing

Dalam tahap ini air ditarik dari jaringan, dibersihkan dan jaringan dijernihkan dengan menggunakan alkohol 70%, 80%, 95%, 96%, alkohol absotut I, II, III, xylol I dan xylol II secara berurutan dan masing-masing selama 30 menit.

### 3. Infiltrasi

Setelah dilakukan dehidrasi dan clearing, organ hati dimasukkan ke dalam parafin I yang mencair kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 50 °C-





60<sup>0</sup>C selama 30 menit. Selanjutnya organ hati tersebut dimasukkan ke dalam parafin II lalu dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 50 <sup>0</sup>C-60<sup>0</sup>C selama 30 menit.

Tujuan dari tahap ini untuk mengilfiltrasi jaringan dengan parafin yang akan menembus ruangan antar sel dan dalam sel sehingga jaringan menjadi lebih tahan terhadap pemotongan.

#### **4. Pembuatan Balok Parafin**

Setelah proses infiltrasi, organ hati dimasukkan ke dalam cetakan besi yang sebelumnya telah diolesi gliserin untuk mencegah melekatnya parafin, kemudian diisi dengan parafin cair dan panas dan ditunggu sampai parafin tersebut membeku atau mengeras. Tujuan dari proses ini agar jaringan mudah dipotong.

#### **5. Pengirisan dengan Mikrotom**

Setelah balok parafin mengeras, organ hati dipotong dengan mikrotom. Pemotongan diambil secara random, tiap 10 kali pemotongan yang dilakukan seri, diambil satu dengan ketebalan 5-7  $\mu$ . Setelah itu jaringan hati dicelupkan ke dalam air hangat dengan suhu 20 <sup>0</sup>C – 30 <sup>0</sup>C agar jaringan mengembang dengan baik selanjutnya diletakkan pada gelas objek yang sebelumnya telah diolesi putih telur dan kemudian dikeringkan diatas hot plate dengan suhu 60 <sup>0</sup>C.

#### **6. Pewarnaan**

Gelas objek yang sudah ada sayatan jaringan hatinya diwarnai dengan Hematoxylin Eosin (HE) dengan menggunakan metode Harris, dilakukan dengan cara sebagai berikut: bila jaringan hati yang tipis sudah diletakkan pada gelas objek



sudah kering, maka gelas objek yang sudah ada sayatan jaringan hatinya tersebut dimasukkan ke dalam xylol I selama tiga menit dalam tempat khusus dan selama satu menit ke dalam xylol II. Kemudian secara berturut-turut dimasukkan ke dalam alkohol absolut I, II, alkohol 96%, 95%, 80%, 70% dan air kran masing-masing selama satu menit. Selanjutnya secara berturut-turut dimasukkan ke dalam zat warna Hematoxylin selama 5-10 menit, air kran selama 3-5 menit, alkohol asam sebanyak 3-10 kali pencelupan, air kran sebanyak empat kali pencelupan, amoniak sebanyak enam kali pencelupan, air kran selama 10 menit, aquades secukupnya, zat warna Eosin selama lima menit dan dimasukkan lagi ke dalam aquades secukupnya. Kemudian secara berturut-turut dimasukkan ke dalam alkohol 70% selama 30 detik, alkohol 80% selama 30 detik, alkohol 90% selama satu menit, alkohol absolut I selama satu menit, alkohol absolut II selama satu menit, xylol I selama dua menit, dan xylol II selama dua menit. Setelah itu gelas objek yang sudah ada sayatan jaringan hatinya tersebut dibersihkan dari sisa-sisa pewarnaan dan dibiarkan mengering.

## **7. Mounting**

Bila sudah kering, maka gelas objek yang sudah ada sayatan jaringan hatinya ditutup dengan gelas penutup yang sebelumnya sudah ditetesi dengan canada balsam. Untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada gambaran histopatologi hati tikus putih, maka preparat histopatologi hati yang sudah jadi tersebut diperiksa dibawah mikroskop cahaya, mula-mula dengan perbesaran 100X kemudian dilanjutkan dengan perbesaran 400X (Sri Suhartini, 1998).



## Lampiran 2. Tingkatan Perubahan dan Jumlah Skor Histopatologik Sel Hati Tikus

## Putih Pada Kelompok P0

No	Tingkatan Histopatologik			Jumlah Skor
	A	B	C	
1	-	-	-	0
2	-	-	-	0
3	-	-	-	0
4	+	-	-	1
5	-	-	-	0

## Keterangan :

A = Kongesti

B = Degenerasi

C = Nekrose

+ = Terjadi Perubahan

- = Tidak Terjadi Perubahan



## Lampiran 3. Tingkatan Perubahan dan Jumlah Skor Histopatologik Sel Hati Tikus

## Putih Pada Kelompok P1

No	Tingkatan Histopatologik			Jumlah Skor
	A	B	C	
1	-	-	-	0
2	+	+	-	3
3	+	+	-	3
4	-	-	-	0
5	+	-	-	1
6	-	-	-	0
7	+	-	-	1
8	+	+	-	3
9	-	-	-	0
10	-	-	-	0

Keterangan :

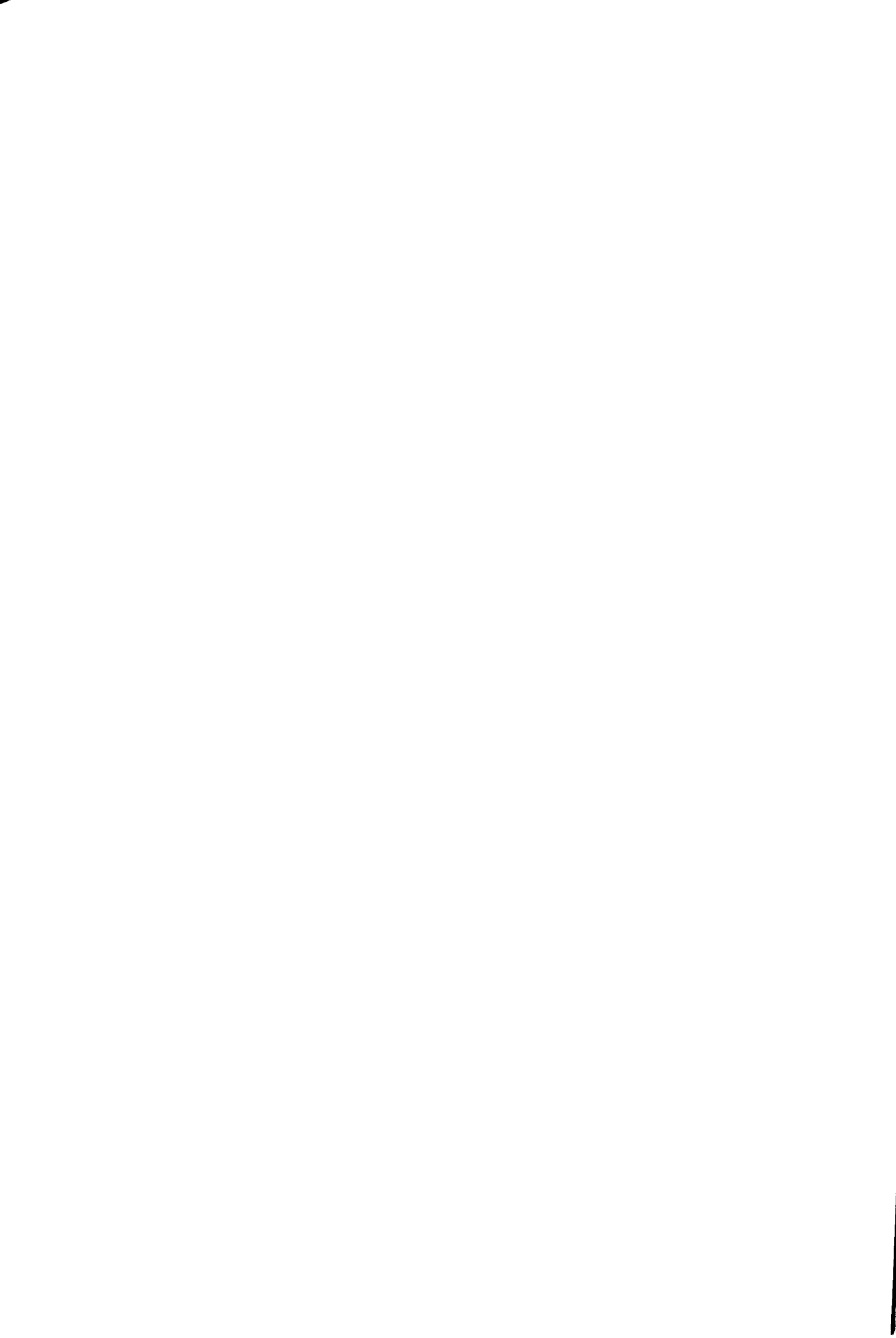
A = Kongesti

B = Degenerasi

C = Nekrose

+ = Terjadi Perubahan

- = Tidak Terjadi Perubahan





Lampiran 4. Tingkatan Perubahan dan Jumlah Skor Histopatologik Sel Hati Tikus

Putih Pada Kelompok P2

No	Tingkatan Histopatologik			Jumlah Skor
	A	B	C	
1	+	-	-	1
2	+	-	-	1
3	-	+	+	5
4	-	+	+	5
5	+	+	-	3
6	+	+	+	6
7	-	+	+	5
8	-	+	+	5
9	+	+	+	6
10	+	-	-	1

Keterangan :

A = Kongesti

B = Degenerasi

C = Nekrose

+ = Terjadi Perubahan

- = Tidak Terjadi Perubahan



## Lampiran 5. Nilai Rank dan Skor Perubahan Gambaran Histopatologi Hati Tikus

### Putih dari Seluruh Kelompok Perlakuan

Angka-angka yang menunjukkan nilai skor histopatologik yang sama baik dalam satu kelompok maupun di luar kelompok akan diberikan peringkat yang sama. Cara mencari peringkat adalah dengan menjumlahkan nilai skor histopatologik terkecil dengan banyaknya nilai derajat kerusakan histopatologik tersebut.

Nilai skor histopatologik 0 mempunyai rank :

$$= \frac{1+2+3+\dots+9}{9} = 5$$

Nilai skor histopatologik 1 mempunyai rank :

$$= \frac{10+11+\dots+15}{6} = 12,5$$

Nilai skor histopatologik 3 mempunyai rank :

$$= \frac{16+17+18+19}{4} = 17,5$$

Nilai skor histopatologik 5 mempunyai rank :

$$= \frac{20+21+22+23}{4} = 21,5$$

Nilai skor histopatologik 6 mempunyai rank :

$$= \frac{24+25}{2} = 24,5$$



Selanjutnya nilai rank dan skor perubahan gambaran histopatologi hati tikus putih disajikan dalam tabel berikut.

n	P0		P1		P2	
	NS	R0	NS	R1	NS	R2
1	0	5	0	5	1	12.5
2	0	5	3	17.5	1	12.5
3	0	5	3	17.5	5	21.5
4	1	12.5	0	5	5	21.5
5	0	5	1	12.5	3	17.5
6			0	5	6	24.5
7			1	12.5	5	21.5
8			3	17.5	5	21.5
9			0	5	6	24.5
10			0	5	1	12.5
$\Sigma R$		32.5		102.5		190
$\bar{R}$		6.5		10.25		19
$\Sigma R^2$		1056.25		10506.25		36100
SD		3.35		5.83		4.88

Keterangan :

P0 = Kelompok kontrol

P1 = Kelompok perlakuan 1

P2 = Kelompok perlakuan 2

n = Ulangan

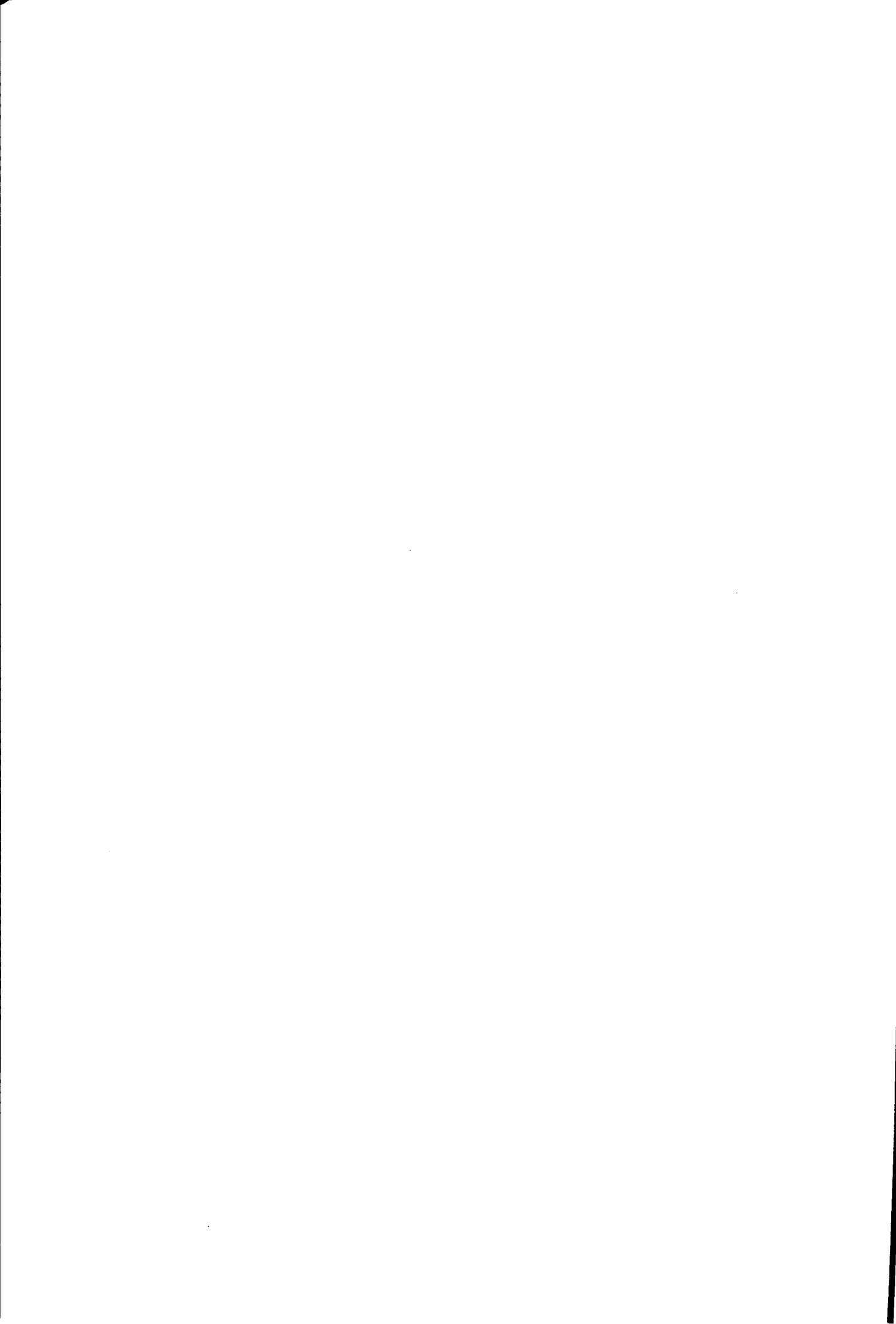
NS = Nilai skor gambaran histopatologi

$\Sigma R$  = Jumlah rank

$\bar{R}$  = Rata-rata rank

$\Sigma R^2$  = Jumlah rank kuadrat

SD = Simpangan Baku



### Lampiran 6. Analisis Data dengan Uji Kruskal-Wallis

Dari hasil di atas dapat diketahui harga H dengan rumus :

$$H_{hitung} = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^k \frac{R_j^2}{n_j} - 3(N+1)$$

Keterangan :

N = jumlah sampel keseluruhan

n = jumlah ulangan

R = jumlah nilai peringkat dalam kelompok

maka :

$$\begin{aligned} H_{hitung} &= \frac{12}{25(25+1)} \left[ \frac{(32.5)^2}{5} + \frac{(102.5)^2 + (190)^2}{10} \right] - 3(25+1) \\ &= \frac{58462.5}{650} - 78 \\ &= 89.94 - 78 \\ &= 11.94 \end{aligned}$$

Karena dalam data terdapat angka kembar, maka harus dilakukan koreksi terhadap hasil  $H_{hitung}$  agar didapat hasil yang lebih benar. Rumus yang digunakan adalah :

$$H_{hitung \text{ terkoreksi}} = \frac{H_{hitung}}{1 - \frac{\sum T^2}{N^3 - N}}$$





Sedangkan  $\Sigma T = t^3 - t$

$$T_0 = 9^3 - 9 = 720$$

$$T_1 = 6^3 - 6 = 210$$

$$T_3 = 4^3 - 4 = 60$$

$$T_5 = 4^3 - 4 = 60$$

$$T_6 = 2^3 - 2 = 6 +$$

$$\Sigma T = \Sigma(t^3 - t) = 1056$$

$$\begin{aligned} H_{\text{hitung terkoreksi}} &= \frac{11,94}{1 - \frac{1056}{25^3 - 25}} \\ &= \frac{11,94}{1 - 0,067} \\ &= \frac{11,94}{0,933} \\ &= 12,81 \end{aligned}$$

Untuk db (2) maka H tabel (0.05) = 5.99.

Htabel (0.05) < H hitung terkoreksi, berarti terdapat perbedaan yang nyata antar kelompok perlakuan ( $p < 0.05$ ). Jadi hipotesis dalam penelitian ini di terima.

Karena terdapat perbedaan yang nyata diantara kelompok perlakuan maka dilanjutkan dengan Uji Pembandingan Berganda (Uji Z) 5% dan akan dapat diketahui urutan tingkat perubahan gambaran histopatologi hati.

Rumus :

$$[R_i - R_j] \leq Z \sqrt{\frac{k[N(N^2 - 1) - \sum(t^3 - t)]}{6N(N - 1)}}$$



Lampiran 7. Foto Hasil Pengamatan Secara Mikroskopik Preparat Histopatologi

Hati Tikus Putih.

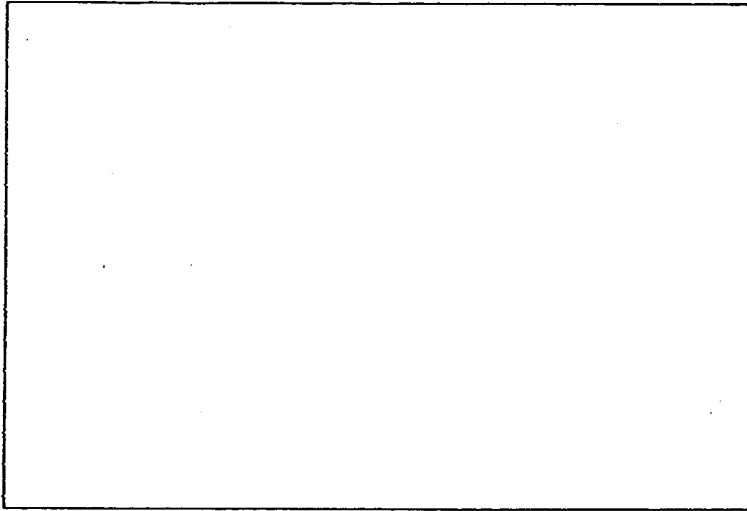


Foto Mikroskopik pada Kelompok P0 dengan Perbesaran 40x.

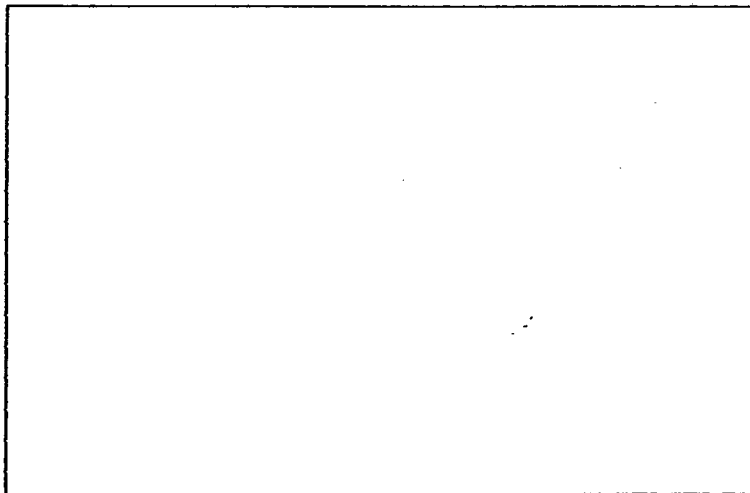


Foto Mikroskopik pada Kelompok P0 dengan Perbesaran 100x

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa kelompok P0 (kontrol) relatif tidak mengalami perubahan.



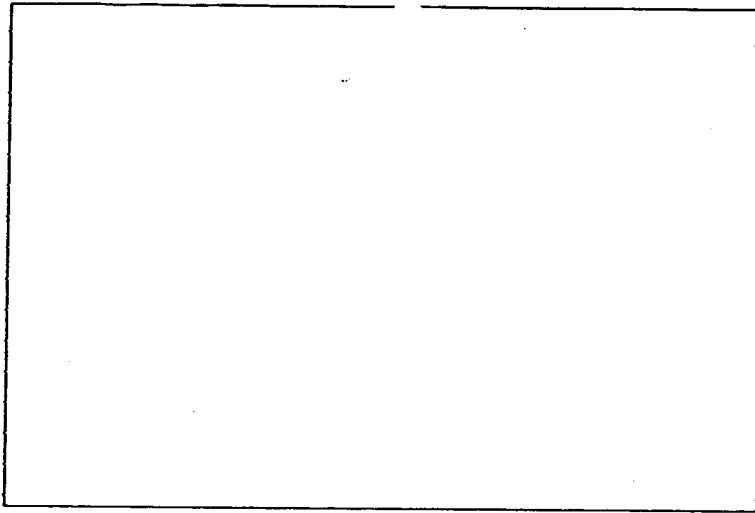


Foto Mikroskopik pada Kelompok P1 dengan Perbesaran 40x.

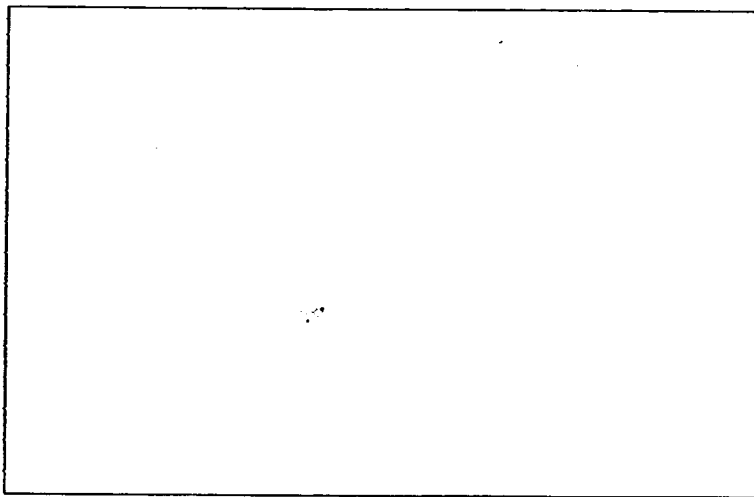
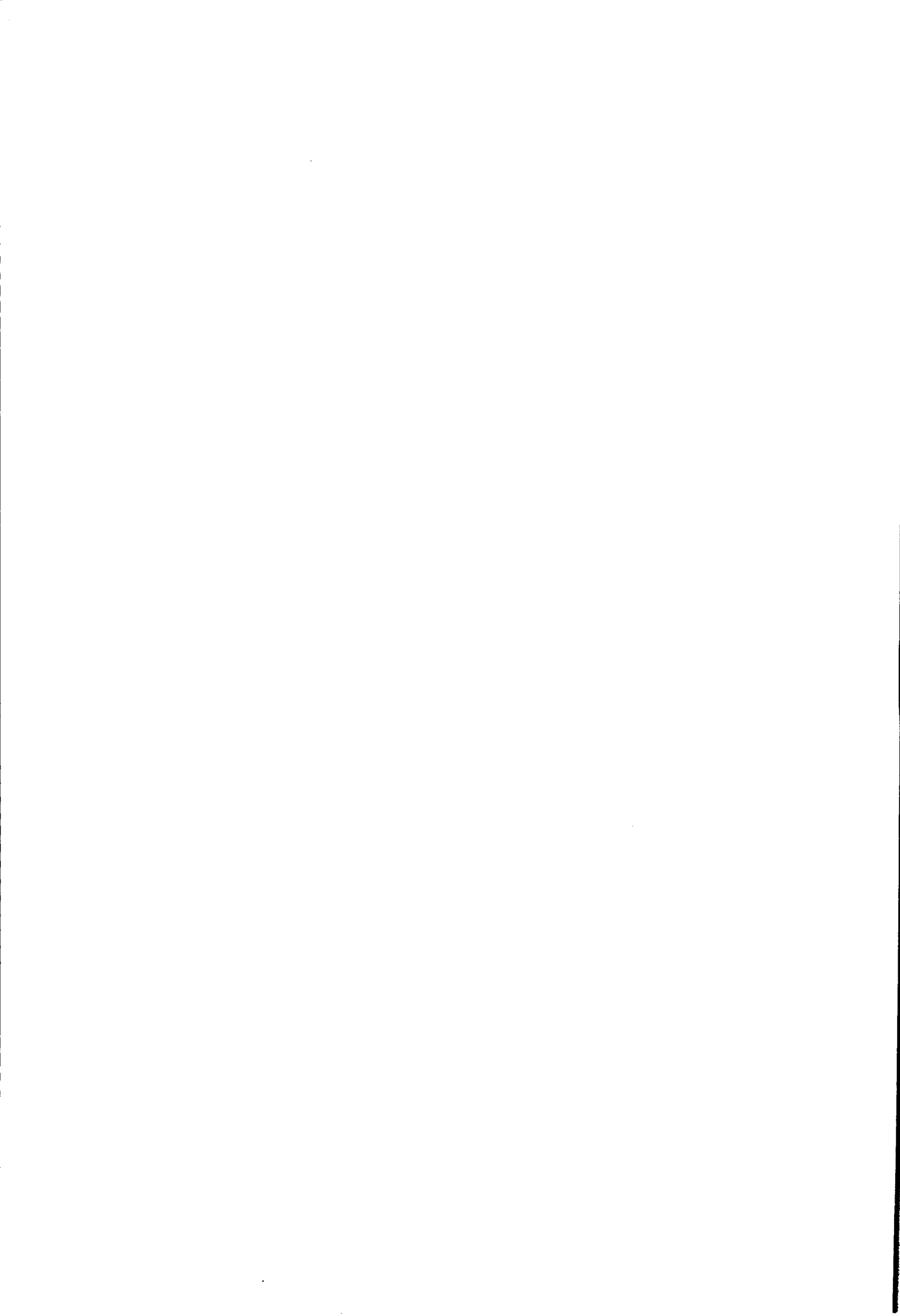


Foto Mikroskopik pada Kelompok P1 dengan Perbesaran 100x

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa kelompok Perlakuan I (P1) mengalami perubahan berupa kongesti dan degenerasi.



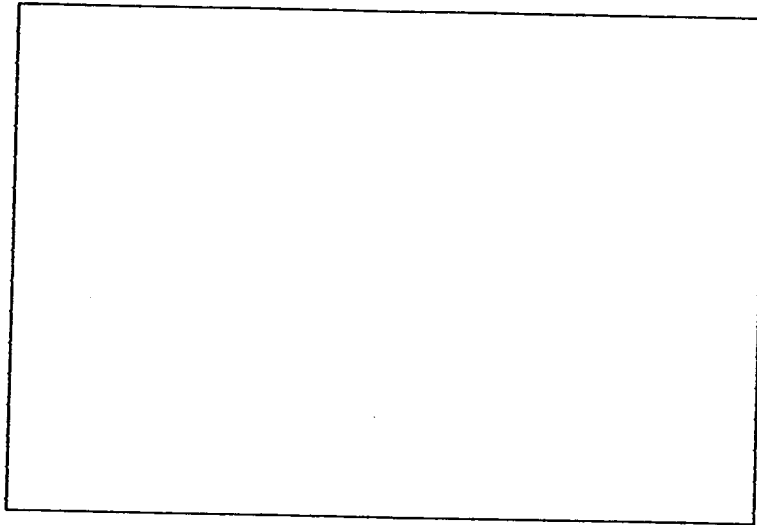


Foto Mikroskopik pada Kelompok Perlakuan II (P2) dengan Perbesaran 40x.

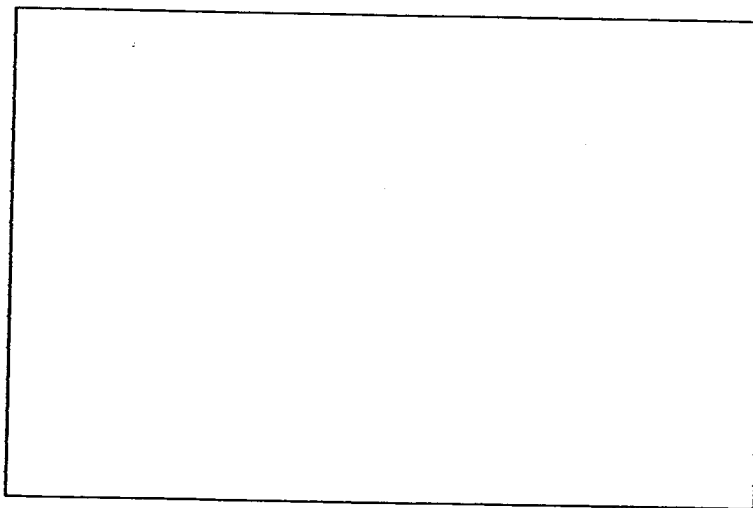


Foto Mikroskopik pada Kelompok Perlakuan II (P2) dengan Perbesaran 100x

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa kelompok Perlakuan II (P2) mengalami perubahan berupa kongesti, degenerasi dan nekrose.

