

SKRIPSI

**PENGARUH MEDAN LISTRIK DAN MEDAN MAGNET
GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK EXTREMELY LOW
FREQUENCY (ELF) TERHADAP GAMBARAN HISTOLOGI
TESTIS TIKUS PUTIH (*Rattus norwegicus*)**



Oleh :

YANTI INDRIASARI

SURABAYA - JAWA TIMUR

**FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
S U R A B A Y A
1999**

P1605



SKRIPSI

**PENGARUH MEDAN LISTRIK DAN MEDAN MAGNET
GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK EXTREMELY LOW
FREQUENCY (ELF) TERHADAP GAMBARAN HISTOLOGI
TESTIS TIKUS PUTIH (*Rattus norvegicus*)**



Oleh :

YANTI INDRIASARI

SURABAYA - JAWA TIMUR

**FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
1999**

Dep. H. M. Kas.
1999

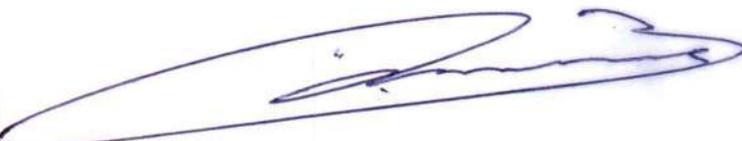
**PENGARUH MEDAN LISTRIK DAN MEDAN MAGNET GELOMBANG
ELEKTROMAGNETIK *EXTREMELY LOW FREQUENCY (ELF)*
TERHADAP GAMBARAN HISTOLOGI TESTIS
TIKUS PUTIH (*Rattus norvegicus*)
STRAIN WESTAR**

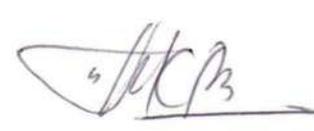
Skripsi sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Kedokteran Hewan
pada
Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Airlangga

oleh,

Yanti Indriasari
NIM. 069412095

Menyetujui,
Komisi Pembimbing,


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


Wiwiek Tyasningsih, drh. M.Kes.
Pembimbing II

Setelah mempelajari dan menguji dengan sungguh-sungguh, kami berpendapat bahwa tulisan ini baik ruang lingkup maupun kualitasnya dapat diajukan sebagai skripsi untuk memperoleh gelar Sarjana Kedokteran Hewan.

Menyetujui,
Panitia Penguji,



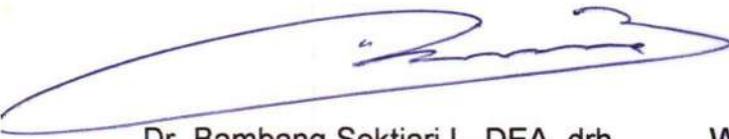
Dr. Ismudiono, M.S., drh.
Ketua



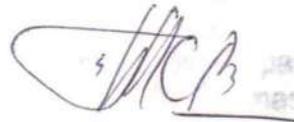
Sulistyningwati G, M.S., drh
Sekretaris



Dr. Mas'ud Hariadi, M.Phil., drh
Anggota



Dr. Bambang Sektiari L, DEA, drh
Anggota



Wiwiek Tyasningsih, M.Kes, drh
Anggota

Surabaya, 14 Februari 2000
Fakultas Kedokteran Hewan
Universitas Airlangga

Dekan



Dr. Ismudiono, M.S., drh
NIP. 130 687 297

**PENGARUH MEDAN LISTRIK DAN MEDAN MAGNET GELOMBANG
ELEKTROMAGNETIK EXTREMELY LOW FREQUENCY (ELF)
TERHADAP GAMBARAN HISTOLOGI TESTIS
TIKUS PUTIH (*Rattus norvegicus*)
STRAIN WESTAR**

Yanti Indriasari

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik extremely low frequency (ELF) terhadap gambaran histologi testis tikus putih (*Rattus norvegicus*) Strain Wester jantan dengan menggunakan hewan coba sebanyak 25 ekor tikus berumur 10 minggu. Desain percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan ulangan tidak sama yang terbagi menjadi 3 kelompok perlakuan. Perlakuan kontrol (Po) terdiri dari 5 ulangan, sedangkan P1 dan P2 masing-masing terdiri dari 10 ulangan. Data dianalisis menggunakan sidik ragam, kemudian dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) 5%.

Tikus putih dipelihara berdasarkan kelompok perlakuan dan diberi pakan ayam jenis PAR-G serta minum secara tak terbatas. Masing-masing kelompok mendapatkan perlakuan yang berbeda. Kelompok kontrol (Po) dipaparkan pada medan listrik dan medan magnet alami selama 57 hari (8 minggu), kelompok P1 dipaparkan dibawah jaringan SUTET 500 kV selama 29 hari (4 minggu) dan P2 juga dipaparkan dibawah jaringan SUTET 500 kV selama 57 hari (8 minggu). Setelah itu dilakukan pembedahan dan pembuatan sediaan histologi testis, kemudian dilakukan penghitungan jumlah sel sertoli, sel spermatogonium, sel spermatosit primer dan sel spermatid pada sepuluh tubulus seminiferus pada irisan testis yang berbeda untuk setiap ulangan pada masing-masing perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa paparan medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik ELF (di bawah jaringan SUTET 500 kV) selama 29 hari (4 minggu) telah memberikan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$) terhadap jumlah sel sertoli, sel spermatogonium, sel spermatosit primer, dan sel spermatid. Rataan jumlah tertinggi ditunjukkan oleh kelompok kontrol (Po) dan terendah pada kelompok P2. Jadi semakin lama paparan terhadap medan listrik dan medan magnet ELF semakin besar penurunan terhadap jumlah sel sertoli, spermatogonium, spermatosit primer dan spermatid.

KATA PENGANTAR

Keberadaan jaringan SUTET dan SUTT di daerah pemukiman penduduk tidak dapat dihindarkan lagi. Adanya jaringan SUTET dan SUTT di daerah pemukiman penduduk ini masih menimbulkan silang pendapat diantara beberapa pihak.

Penelitian dilakukan mengenai pengaruh medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik ELF di bawah jaringan SUTET 500 kV terhadap gambaran histologi testis tikus putih.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada Dekan Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga, Dr. Ismudiono Ms.drh, tak lupa pula kepada Dr. Bambang Sektiari L.DEA drh. selaku pembimbing I dan Wiwiek Tyasningsih M.Kes drh. selaku pembimbing II atas saran dan bimbingannya. Demikian pula pada pihak-pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari sempurna, oleh sebab ini saran dan kritik untuk penyempurnaannya sangat diperlukan.

Akhirnya semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca sekalian.

Surabaya, Desember 1999

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN.	viii
BAB I. PENDAHULUAN.	1
I.1 Latar Belakang.	1
I.2 Perumusan Masalah.	3
I.3 Landasan Teori.	3
I.4 Tujuan Penelitian.	4
I.5 Manfaat Penelitian.	5
I.6 Hipotesis Penelitian.	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.	6
II.1 Pengaruh Medan Listrik dan Medan Magnet Terhadap Tubuh.	6
II.1.1 Pengaruh Medan Listrik dan Medan Magnet Terhadap Testis.	8
II.2 Gelombang Elektromagnetik ELF.	9
II.2.1 Medan Listrik dan Medan Magnet di Sekitar Penghantar yang Dialiri Arus AC.	10
II.2.2 Sumber Medan Listrik dan Medan Magnet.	11
II.2.2.1 Sumber Alami.	11
II.2.2.1 Sumber Buatan.	12
II.3 Sistem Reproduksi Hewan Jantan.	14
II.3.1 Tinjauan Umum Testes.	14
II.3.2 Histologi Testes.	15
II.3.3 Pengaturan Fungsi Testis.	18
II.3.4 Spermatogenesis.	20

BAB III. MATERI DAN METODE.	23
III.1 Tempat dan Waktu Penelitian.	23
III.2 Materi Penelitian.	23
III.2.1 Hewan Coba.	23
III.2.2 Bahan-Bahan Penelitian.	23
III.2.3 Alat-Alat Penelitian.	24
III.3 Metode Penelitian.	24
III.3.1 Pengukuran Medan Listrik dan Medan Magnet.	24
III.3.2 Persiapan Hewan Percobaan.	24
III.3.3 Perlakuan Hewan Percobaan.	25
III.3.4 Pemeriksaan Mikroskop.	26
III.3.5 Peubah Yang Diamati.	27
III.3.6 Rancangan Penelitian Dan Analisis Data.	27
Bab IV. Hasil Penelitian.	30
Bab V. Pembahasan.	36
Bab VI. Kesimpulan dan Saran.	42
VI.1 Kesimpulan.	42
VI.2 Saran.	43
Ringkasan	44
Daftar Pustaka	46

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Rata-rata jumlah sel sertoli dalam tubulus seminiferus testis tikus putih.	30
2. Rata-rata jumlah sel spermatogonium dalam tubulus seminiferus testis tikus putih.	30
3. Rata-rata jumlah sel spermatosit primer dalam tubulus seminiferus testis tikus putih.	31
4. Rata-rata jumlah sel spermatid dalam tubulus seminiferus testis tikus putih.	31

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Diagram alir metodologi penelitian	29
2. Grafik jumlah sel sertoli, spermatogonium, spermatosit primer, dan spermatid pada tubulus seminiferus testis tikus putih.	32
3. Irisan melintang tubulus seminiferus testis tikus putih perlakuan kontrol pewarnaan HE. Pembesaran 400 x.	33
4. Irisan melintang tubulus seminiferus testis tikus putih perlakuan kontrol pewarnaan HE. Pembesaran 100 x.	34
5. Irisan melintang tubulus seminiferus testis tikus putih perlakuan 1 pewarnaan HE. Pembesaran 100 x.	34
6. Irisan melintang tubulus seminiferus testis tikus putih perlakuan 2 pewarnaan HE. Pembesaran 100 x.	35
7. Lokasi penelitian Dusun Godekan Desa Kajeksan Kecamatan Tulangan Sidoarjo.	50
8. Hewan coba.	50
9. Pengukuran medan listrik.	51
10. Pengukuran medan magnet.	51

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Evaluasi statistik jumlah sel sertoli dalam tubulus seminiferus testis tikus putih.	52
2. Evaluasi statistik jumlah sel spermatogonium dalam tubulus seminiferus testis tikus putih.	55
3. Evaluasi statistik jumlah sel spermatisit primer dalam tubulus seminiferus testis tikus putih.	58
4. Evaluasi statistik jumlah sel spermatid dalam tubulus seminiferus testis tikus putih.	61
5. Pembuatan sediaan histologis testis.	64
6. Hasil perhitungan jumlah sel sertoli pada 10 tubulus seminiferus testis tikus putih.	68
7. Hasil perhitungan jumlah sel spermatogonium pada 10 tubulus seminiferus testis tikus putih.	69
8. Hasil penghitungan jumlah sel spermatisit primer pada 10 tubulus seminiferus testis tikus putih.	70
9. Hasil perhitungan jumlah sel spematid pada 10 tubulus seminiferus testis tikus putih.	71
10. Penghitungan dosis paparan.	72
11. Hasil pengukuran medan listrik dan medan magnet.	73
12. Lama paparan.	74

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Seiring dengan kemajuan teknologi maka kebutuhan akan listrik semakin meningkat. Untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut maka pemerintah telah membangun pembangkit listrik bertenaga besar di beberapa daerah seperti PLTU Suralaya di Jawa Barat dan PLTU Paiton di Jawa Timur dengan menggunakan sistem interkoneksi ekstra tinggi.

Untuk menyalurkan energi listrik dari pusat pembangkit listrik ke pusat beban atau dari pusat beban ke pusat beban yang lebih jauh digunakan saluran transmisi tenaga listrik berupa saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET) 500 kV dan saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV.

Pembangunan jaringan transmisi tenaga listrik ini terpaksa harus melewati daerah pemukiman penduduk karena adanya pertumbuhan penduduk yang cukup pesat sehingga lahan kosong yang tersedia saat ini semakin sempit. Kondisi demikian ini dapat kita lihat seperti di Kecamatan Tulangan Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur.

Paparan medan listrik dan medan magnet buatan terhadap manusia tidak dapat dihindarkan lagi, misalnya akibat dari pemakaian peralatan rumah tangga, kantor, dan industri serta keberadaan jaringan SUTT dan SUTET di tengah pemukiman penduduk.

Dari teori gelombang elektromagnetik, dinyatakan bahwa di sekitar kawat konduktor yang dialiri arus listrik akan timbul medan magnet. Bila arus listrik yang mengalir pada kawat konduktor tersebut adalah arus searah (*direct current = dc*) maka disekitarnya akan timbul medan magnet yang konstan, sedangkan bila yang mengalir pada kawat konduktor tersebut adalah arus bolak-balik (*alternating current = ac*) seperti aliran arus pada jaringan transmisi PLN maka disekitarnya akan timbul medan listrik dan medan magnet berupa gelombang elektromagnetik yang didalam spektrum gelombang elektromagnetik berada pada frekuensi sangat rendah yaitu di bawah 300 Hertz dan disebut sebagai gelombang elektromagnetik *extremely low frequency* (ELF). Energi yang terkandung dalam medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik *extremely low frequency* (ELF) inilah yang mampu menimbulkan perubahan pada struktur membran sel dan fungsi sel (Griffiths, 1981; Grotel dkk, 1992).

Selama ini hasil penelitian yang telah dipublikasikan pada umumnya penelitian tentang pengaruh medan listrik dan medan magnet terhadap kesehatan dan kelainan hasil kehamilan (Juutilainen dkk (1993); Tore dkk (1994); Maria and Anders (1995); Terol and Oanchon (1995); Narra dkk (1996); Huuskonen dkk (1998), sedangkan penelitian mengenai pengaruh medan listrik dan medan magnet terhadap struktur histologis testis relatif sedikit.

Beberapa hasil penelitian epidemiologi menyatakan bahwa paparan medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik

extremely low frequency (ELF) berpengaruh terhadap keluhan menurunnya potensi seksual (WHO, 1984).

Penelitian yang dilakukan terhadap 42 ekor mencit jantan yang dipaparkan pada medan magnet gelombang elektromagnetik ELF 10 mili Tesla (mT) dan 47 ekor kontrol, menunjukkan bahwa paparan medan magnet tersebut pada masa mendekati spermatogenesis tidak menunjukkan adanya pengaruh yang mematikan sel germinal mencit tersebut (Kawalczuk dkk, 1995).

Mengingat hal tersebut di atas, maka dalam kesempatan ini akan dilakukan penelitian mengenai :

"Pengaruh Medan Listrik dan Medan Magnet Gelombang Elektromagnetik Extremely Low Frequency (ELF) terhadap Gambaran Histologi Testis Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) Strain Westar Jantan "

1.2 Perumusan Masalah

Dalam penelitian ini akan diidentifikasi apakah medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik *extremely low frequency* (ELF) berpengaruh terhadap struktur histologi testis khususnya pada hewan coba pada tikus putih (*Rattus norvegicus*) Strain Westar Jantan.

1.3 Landasan Teori

Menurut WHO (1984) interaksi biologis antara medan listrik dan medan magnet oleh radiasi gelombang elektromagnetik ELF dapat

menimbulkan kalor. Gaya listrik yang berbolak-balik dengan cepat pada molekul yang tidak 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 dalam lingkungan ekstraselluler atau melalui interaksi momen listrik dari struktur molekuler.

Interaksi 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 makromolekul protein, sehingga dapat merubah struktur dan fungsi sel. (WHO, 1984; Shimizu dkk, 1995).

Sel-sel yang menyusun jaringan dan membentuk organ tubuh memiliki kepekaan yang berbeda-beda terhadap pengaruh lingkungan baik fisik maupun kimia. Sel-sel seks (*germinal cells*) baik sel sperma maupun sel telur dan sel-sel embrio pada manusia merupakan sel-sel yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap pengaruh lingkungan termasuk pengaruh terhadap medan listrik dan medan magnet (Amsyari, 1989).

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik ELF terhadap

gambaran histologi testis melalui pemeriksaan mikroskopis terhadap jumlah sel sertoli, sel spermatogonium, sel spermatosit primer dan sel spermatid. ✓

I.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang dilakukan adalah diharapkan dapat digunakan sebagai acuan bagi para peneliti, khususnya untuk memperbanyak informasi serta acuan dalam pola penelitian mengenai pengaruh medan listrik dan medan magnet oleh SUTET-500 kV terhadap gambaran histologi testis pada hewan coba tikus putih (*Rattus norwegicus*) Strain Westar Jantan.

I.6 Hipotesis penelitian

Medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik *Extremely Low frekuensi* berpengaruh terhadap gambaran histologi testis tikus putih (*Rattus norwegiccus*) Strain Westar jantan yaitu terjadi penurunan jumlah sel sertoli, spermatogonium, spermatosit primer, dan spermatid.

BAB II**TINJAUAN PUSTAKA****II.1 Pengaruh Medan Listrik dan Medan Magnet terhadap Tubuh**

Adanya peralatan rumah tangga, industri, perkantoran, maupun gardu-gardu listrik serta sejenisnya di sekitar lingkungan yang merupakan sumber medan listrik dan medan magnet akan berakibat radiasi dari medan listrik dan medan magnet ini terserap ke dalam organ-organ dan jaringan tubuh.

Akibat adanya radiasi tersebut, organ-organ dan jaringan tubuh yang terdiri dari molekul polar, non-polar, serta cairan biologis yang mengandung ion elektrolit serta makro molekul yang larut maka muatan-muatan tersebut akan mendapat gaya listrik (F) yang besarnya sebanding dengan hasil kali intensitas medan listrik (E) dan jumlah muatan (q) (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 listrik bebas (ion-ion elektrolit) bergerak. Bila tubuh berhubungan secara langsung dengan tanah maka gerakan

muatan dalam tubuh akan menghasilkan arus listrik. Sedangkan bila tubuh terisolasi terhadap tanah maka potensial akan meningkat dan besarnya tergantung pada kapasitas terhadap tanah.

Berdasarkan teori Faraday bahwa adanya medan magnet yang berubah terhadap waktu dapat menimbulkan medan listrik induksi dan dapat menimbulkan aliran arus listrik dalam suatu bahan atau jaringan biologis, jadi terdapat hubungan antara medan magnet, medan listrik induksi dan rapat arus yang ditimbulkan di dalam jaringan biologis (WHO, 1989).

Suatu medan listrik yang tidak terganggu dengan kuat medan sebesar 10 kV/m akan menginduksi rapat arus efektif kurang dari 4 mA/m dengan rata-rata pengaliran arus diseluruh daerah kepala atau batang tubuh manusia. Suatu rapat fluks magnet sebesar 0,5 mili Tesla (mT) pada 50/60 Hz akan menginduksi rapat arus efektif sekitar 1 mA/m pada keliling suatu loop jaringan tubuh yang berjari-jari 10 cm (WHO, 1987).

Interaksi biologis antara medan listrik dan medan magnet oleh radiasi gelombang elektromagnetik juga dapat menimbulkan kalor. Gaya listrik yang berbolak-balik dengan cepat pada molekul yang tidak bergerak dapat menyebabkan atom-atomnya bergetar atau berputar, kemudian dapat menimbulkan kalor. Pada dasarnya, suatu medan listrik yang besarnya cukup dapat menimbulkan efek langsung pada jaringan biologis dalam bentuk gerakan ion bebas

dalam lingkungan ekstraselluler atau melalui interaksi momen listrik dari struktur molekuler (WHO, 1984).

Yang paling berperan dalam interaksi medan listrik dan medan magnet terhadap materi biologis adalah membran sel. Interaksi tersebut dapat mengakibatkan perubahan konduktivitas membran sel, melalui interaksi medan listrik dengan sekumpulan muatan dari makromolekul protein, sehingga dapat merubah struktur dan fungsi sel. Lebih jauh ditemukan bahwa pada saat medan magnet berinteraksi dengan sel, akan merubah konduktivitas membran sel sehingga akan berpengaruh terhadap keseimbangan ion Na, K dan yang paling peka adalah ion Ca. Ion Ca berfungsi sebagai signal pengaturan terhadap berbagai level gejala biologis dan berperan penting terhadap penyampaian rangsangan saraf, juga berpengaruh pada sistem enzimatik dan pengaturan pengaruh racun sel (WHO, 1984; Shimizu dkk, 1995).

Paparan medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik ELF- EMF dapat mempengaruhi pembentukan mikronukleus sel (Simko dkk, 1998).

II.1.1 Pengaruh Medan Listrik dan Medan Magnet terhadap Testis

Penyinaran dengan *high field strength MR imaging* pada skrotum secara akut atau kronis dengan suhu yang sama atau lebih besar dari suhu tubuh menyebabkan peningkatan suhu pada

skrotum sehingga dapat mengganggu proses spermatogenesis dan mengakibatkan steril pada mamalia (Shellock dkk, 1990).

Lokhmatova (1993), menyatakan bahwa paparan terhadap medan listrik 17 kHz, 100 kV/m selama 9 bulan pada testis mencit dapat meningkatkan proses destruksi atau penghancuran sel spermatogenik dan sel-sel yang memproduksi hormon steroid.

Lebih lanjut Lokhmatova dan Pastukhova (1993), menyatakan bahwa pengaruh pemaparan terhadap medan listrik selama 9 bulan ($f = 17 \text{ kHz}$, $E = 100 \text{ kW/m}^2$ dalam waktu 1 atau 4 jam) telah meningkatkan disquamsi lapisan epitel spermatogenik pada tubulus seminiferus dan penurunan jumlah sel Leydig yang memproduksi testosteron.

Penelitian lain menunjukkan bahwa pemberian medan magnet konstan dengan kekuatan 1,6 Tesla selama 30 hari menyebabkan kehancuran pada sel spermatogenik, sehingga jumlah sel spermatogenik lebih rendah selama dan sesudah percobaan (Galaktionova dkk, 1985).

II.2 Gelombang Elektromagnetik ELF

Pada kawat konduktor yang dialiri oleh arus listrik bolak-balik (*alternating current = ac*) seperti aliran arus listrik pada jaringan transmisi PLN maka disekitarnya akan timbul medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik yang arah getarannya saling tegak lurus terhadap arah rambatannya. Gelombang

elektromagnetik ini dalam spektrum gelombang elektromagnetik berada pada frekuensi yang sangat rendah yaitu di bawah frekuensi 300 Hz dan disebut sebagai gelombang elektromagnetik *extremely low frequency* (ELF).

Untuk menerangkan bahwa disekitar kawat konduktor yang dialiri arus bolak-balik seperti pada kawat konduktor saluran transmisi tegangan tinggi akan timbul medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik, maka perlu dibahas menurut teori fisika.

II.2.1 Medan Listrik dan Medan Magnet di Sekitar Penghantar yang 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 pada permukaan benda-benda di atas tanah.

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

$$B = \mu_0 \cdot H$$

Dengan anggapan bahwa udara sama dengan ruang hampa, maka μ untuk udara sama dengan μ_0 yang besarnya adalah :

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

maka diperoleh konversi satuan :

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

Menurut Grotel dkk (1992), radiasi medan elektromagnetik yang dihasilkan oleh arus ac (arus bolak-balik) pada frekuensi 50 Hz seperti yang dihasilkan oleh saluran transmisi PLN adalah berupa gelombang elektromagnetik yang kemudian sering disebut sebagai gelombang elektromagnetik *extremely low frequency* (ELF).

II.2.2 Sumber Medan Listrik dan Medan Magnet

Sumber medan listrik dan medan magnet dibahas dari sumber alami dan sumber buatan

II.2.2.1 Sumber alami

a. Medan listrik alami

Bumi merupakan sumber paparan medan listrik alami terdiri dari komponen medan listrik statis dan komponen medan listrik yang berubah terhadap waktu pada frekuensi (50 - 60) Hz. Hasil pengukuran medan listrik alami pada frekuensi (50 - 60) adalah 10^{-4} V/m, sedangkan medan listrik alami dekat permukaan bumi adalah merupakan medan listrik statis sekitar 130 V/m (WHO, 1984).

Menurut WHO (1984) medan listrik alamiah yang bersifat listrik di atmosfer, kadang berupa petir yang disertai kilatan cahaya dengan kekuatan medan listrik sekitar 3 kV/m sampai 20 kV/m.

b. Medan magnet alami

WHO (1987) menyatakan bahwa, medan magnet alami terdiri dari medan magnet internal dan eksternal, medan internal bumi dapat menghasilkan aliran listrik pada lapisan atas dari pusat bumi. Besar induksi magnet pada kutub bumi mencapai 67 μT dan pada bidang equator besarnya sekitar 0,03 μT .

Medan magnet eksternal terdiri dari banyak komponen yang berbeda-beda spektrum dan karakteristiknya. Variasi medan magnet tersebut berkaitan dengan aktivitas cahaya matahari (surya), aliran petir, perubahan atmosfer dan ionisasi udara. Medan magnet alami pada frekuensi (50 -60) Hz kira-kira 10^{-9} mT (WHO, 1984).

II.2.2.2 Sumber buatan

Pemaparan medan listrik dan medan magnet buatan terhadap manusia semakin meningkat karena adanya pemakaian tenaga listrik buatan misalnya dalam bentuk kabel bertegangan tinggi sampai peralatan rumah tangga, industri maupun perkantoran.

a. Medan listrik dan medan magnet oleh peralatan rumah tangga

WHO (1984) melaporkan bahwa, pengukuran kuat medan listrik yang dilakukan pada jarak 30 cm dari beberapa peralatan rumah tangga, didapatkan nilai yang bervariasi antara 2 V/m sampai 5 V/m. Pengukuran yang dilakukan di dalam rumah tangga orang Amerika, berkisar antara 1 V/m sampai 10 V/m.

Hasil pengukuran medan magnet di dalam rumah terhadap 207 rumah, ditemukan 90% nilai induksi magnet berada di bawah 1,82 mG (=0,182 uT) dan yang 50% berada di bawah 0,47 mG (=0,047 uT) (Roland dkk,1992)

b. Medan listrik dan medan magnet oleh SUTET

Saluran transmisi tegangan tinggi merupakan salah satu sumber medan listrik dan medan magnet buatan yang perlu diperhatikan berkenaan dengan pemaparan di lingkungan.

Kuat medan listrik dan medan magnet di atas tanah di bawah SUTET ditentukan oleh ketinggian konduktor, jarak lateral, dan tegangan transmisi tersebut (WHO, 1984).

1). Medan Listrik.

WHO (1984), menyatakan hasil pengukuran kuat medan listrik di atas tanah dibawah jaringan SUTET - 525 kV (dengan ketinggian kawat konduktor kira-kira 10 m di atas tanah), selalu kurang dari 1 kV /m pada jarak lebih dari 40 m ke arah lateral

terhadap konduktor. Pada SUTET-500 kV atau lebih besar, kuat medan listrik pada jarak antara 35 -70 m selalu kurang dari 1 kV/m.

Terhadap suatu penghalang gedung - gedung rumah, medan listrik mengalami penurunan kira-kira 10 - 100 kali lebih kecil, hal itu tersebut tergantung pada struktur dan jenis material gedung. (Menders & Van Nielen, 1981 dalam WHO, 1984).

2). Medan Magnet.

Berbeda dengan medan listrik medan magnet mampu menembus benda-benda penghalang seperti tembok bangunan, pepohonan, dan tubuh manusia dan akan mengalami penurunan secara linier terhadap jarak dari konduktor transmisi. (WHO ,1984)

Pengukuran kuat medan magnet di dekat saluran udara tegangan ekstra tinggi 500 kV pada jarak 1 m di atas tanah di bawah saluran udara tegangan ekstra tinggi 500 kV sebesar 35 mikro Tesla dan pada jarak 60 m arah lateral terhadap kabel 500 kV kurang dari 5 mikro Tesla. (Lee, 1982).

II.3 Sistem Reproduksi Hewan Jantan.

II.3.1 Tinjauan Umum Testes.

Alat dan organ kelamin pada hewan jantan terdiri dari alat kelamin primer berupa sepasang testes dan alat kelamin sekunder

berupa kelenjar asesoris serta alat kelamin luar atau alat kopulasi (Poernomo dkk,1998).

Testis berkembang dalam rongga abdomen dan dalam keadaan normal bermigrasi ke skrotum selama perkembangan fetus (Ganong,1990). Bentuk, ukuran, dan lokasi testis bervariasi dari spesies ke spesies, tetapi struktur penyusun utamanya sama (Frandsen,1992).

Testes terbungkus dalam kantong skrotum, terdiri dari dua lobus yang masing-masing mengandung satu testes. Pada golongan rodensia, testes dapat dengan mudah berpindah-pindah dari dalam skrotum ke dalam rongga perut. Pada musim kawin testes berada di dalam skrotum sedang di luar musim kawin berada di rongga perut (Hardjopranjoto,1995). Fungsi skrotum adalah melindungi testis dari gangguan luar, berupa pukulan, panas, dingin, dan gangguan mekanis lainnya, serta yang terpenting adalah membantu mempertahankan temperatur yang rendah dari testes sehingga spermatogenesis dapat berlangsung dengan baik dengan cara mengkerutkan atau mengendorkan dinding skrotum (Ganong, 1990;Hardjopranjoto, 1995).

II.3.2 Histologi Testes.

Permukaan luar testes dilapisi oleh tunika vaginalis propria yang merupakan modifikasi dari peritoneal. Di sebelah dalamnya dilapisi tunika albugenia, merupakan lapisan tebal yang terdiri dari

jaringan ikat fibrosa, yang terbungkus jaringan fungsional testis. Pada beberapa posisi lapisan ini membentuk sekat-sekat ke dalam disebut septula testis. Septula testis membagi testis menjadi beberapa lobuli testis. Pada masing-masing lobuli terdapat tubulus seminiferus. Di dalam tubulus seminiferus inilah proses spermatogenesis berlangsung (Poernomo dkk, 1998).

Tubulus seminiferus membentuk gulungan-gulungan yang tiap gulungan berujung buntu atau bercabang. Ujung apikal tiap tubulus mengalami penyempitan lumen dan membentuk segmen yang pendek dan disebut tubulus rektus. Tubulus rektus menghubungkan tubulus seminiferus dengan rete testis di mediastinum (Junguiera dan Carneiro, 1992).

Tubulus seminiferus tergulung melilit dan tertutup lapisan epitel germinal. Epitel ini tersusun dari sel-sel spermatogenik dan sel sertoli atau sel penunjang (Beverlander dan Ramaley, 1988).

Menurut Toelihere (1981) tubulus seminiferus mempunyai selaput dasar (membrana basalis) yang ditempati dua macam sel yaitu sel spermatogonia dan sel sertoli. Sel spermatogonia merupakan sel bakal kelamin jantan yang belum terdiferensiasi, sedangkan sel sertoli berfungsi sebagai penunjang nutrisi bagi sel-sel spermatogenik. Sel spermatid akan berada pada ujung sel sertoli untuk nutrisi dalam perubahannya menjadi spermatozoa .

Sel spermatogonium merupakan satu-satunya sel yang ada sampai pada masa pubertas. Sel ini menurut gambaran intinya

dibagi menjadi spermatogonium gelap tipe A dengan inti sel lonjong berwarna gelap, spermatogonium pucat tipe B dengan inti sel lonjong dan pucat serta spermatogonium tipe B. Spermatogonium tipe B ini mempunyai inti bulat yang mengandung massa kromatin padat yang berhubungan dengan membran inti. Spermatogonium tipe B inilah yang nantinya akan mengalami pembelahan mitosis menjadi spermatosit primer.

Spermatosit primer merupakan sel benih terbesar dalam tubulus seminiferus. Pertama kali terbentuk sel ini letaknya di ruang basal tubulus seminiferus yang nantinya akan berpindah ke ruang adluminal dan selanjutnya menempati daerah tengah epitel. Sel ini berbentuk bulat atau bulat telur dan inti selnya biasanya ada dalam salah satu tingkat kariokinesis. Spermatosit primer ini akan membelah diri menjadi spermatosit sekunder (Lesson dan Lesson, 1990).

Spermatosit sekunder membelah diri menjadi spermatid yang berukuran kecil dan mempunyai inti dengan kromatin padat, terletak dekat dengan bagian tengah tubulus seminiferus (Junguiera dan Carneiro, 1992).

Sel sertoli merupakan sel-sel yang tinggi seperti tiang dengan dasarnya terletak diatas lamina basal tubulus. Bentuk sel tidak teratur, tidak nampak jelas dan sangat kompleks karena kepala spermatozoa yang matang menempati cekungan sitoplasmanya. Inti sel letaknya pada jarak tertentu di atas dasar

sel, pucat, bentuknya lonjong dengan sumbu panjangnya tersusun secara radial. Anak inti tampak mencolok, terdiri atas bagian sentral yang asidofil dan bagian tepi yang lebih sedikit bersifat basofil (Lesson dan Lesson, 1990).

Sel sertoli mempunyai bentukan yang panjang dan kadang seperti piramid, terletak dekat atau di antara sel-sel germinal . Sel lain yang berperan pula dalam spermatogenesis yaitu sel Leydig, yang terdapat di luar tubulus seminiferus (Hardjopranjoto, 1995)

II.3.3 Pengaturan Fungsi Testis

Testis mempunyai dua fungsi utama yaitu sebagai organ reproduksi dan sebagai organ endokrin. Sebagai organ reproduksi, testis menghasilkan sel-sel kelamin jantan di dalam tubulus seminiferus dan sebagai organ endokrin, testis menghasilkan testosteron (Hafez, 1980).

Proses spermatogenesis dikendalikan oleh kelenjar endokrin, terutama kelenjar hipofisa dan testis. Kelenjar hipofisa memproduksi gonadotropin yang terdiri dari *Folikel Stimulating Hormon* (FSH) dan *Luteinizing Hormon* (LH) atau lebih dikenal *Interstitial Cel Stimulating Hormon* (ICSH) pada jantan. Testis memproduksi androgen terutama testosteron. Spermatogenesis yang optimal memerlukan FSH dan LH untuk memulai sekresi testosteron. Testosteron diperlukan untuk proses spermatogenesis dalam kadar yang tinggi.

Pada waktu pubertas, ICSH mempengaruhi sel leydig untuk menghasilkan testosteron yang membuat epitel germinal tubulus seminiferus bereaksi dengan FSH sehingga terjadi pembelahan sel spermatogonia. Spermatogenesis yang terus menerus memerlukan keseimbangan yang timbal balik antara hormon-hormon FSH, LH dan testosteron (Salisbury dan Van Denmark, 1985).

Testosteron memacu perkembangan dan fungsi kelenjar-kelenjar kelamin aksesori yang menyebabkan berkembangnya karakteristik kelamin skunder dan mengontrol sekresi ICSH (Frandsen, 1992).

Selain memberi nutrisi pada sel spermatozoa, sel sertoli juga berperan dalam menyediakan lingkungan yang penting untuk diferensiasi dan pematangan sel kelamin, termasuk sekresi *Androgen Binding Protein* (ABP) sebagai respon terhadap FSH. ABP berguna untuk mengangkut dan mengkonsentrasikan testosteron ke dalam tubulus seminiferus dan epididimis. Disamping itu sel sertoli juga membentuk inhibin, yaitu hormon yang berperan sebagai umpan balik untuk menghambat produksi FSH (Graner, 1987; Ganong 1990)

Salisbury dan Van Denmark (1985) menyatakan hormon kelamin dihasilkan di bawah pengaruh hormon gonadotropin dari hipofisa anterior, sebaliknya sekresi gonadotropin diatur oleh androgen dan estrogen. Peningkatan jumlah keduanya akan

menyebabkan penurunan sekresi hormon gonadotropin. Hormon-hormon gonadotropin yang utama adalah FSH dan ICSH.

FSH dan ICSH mengontrol fungsi testiskular. Siklus ini kemudian secara langsung diatur oleh faktor *releasing* di dalam hipotalamus otak yang mengatur pelepasan FSH dan ICSH atau secara tidak langsung diatur oleh mekanisme umpan balik negatif akibat peningkatan kadar hormon-hormon tersebut dalam darah (Frandsen, 1992)

II.3.4 Spermatogenesis

Spermatogenesis adalah proses pembentukan sel spermatozoa di dalam tubulus seminiferus yang terjadi secara berkala setelah hewan mengalami dewasa kelamin. Proses spermatogenesis ini terjadi dalam dua fase. Fase pertama adalah spermatositogenesis, yaitu suatu rangkaian pembelahan dari spermatogonia menjadi spermatid sedangkan fase kedua adalah spermiogenesis yaitu spermatid mengalami metamorfosis menjadi spermatozoa (Junguiera dan Carneiro, 1992)

Proses spermatogenesis diawali dari sel-sel germinal yang terletak di membrana basalis tubulus seminiferus membelah berurutan menjadi dua macam sel spermatogonium, yaitu jenis A dan jenis B. Spermatogonium A membelah secara perlahan dan berfungsi sebagai induk. spermatogonium B berasal dari spermatogonium A yang mengalami pembelahan mitotik dan

berkembang menjadi besar menjadi spermatisit primer. Spermatisit primer mempunyai ukuran terbesar diantara sel spermatogenik lainnya .

Sel spermatisit primer membelah secara meiotik menjadi spermatisit sekunder. Kromosom spermatisit primer bergabung kemudian memisah menuju ke masing-masing pasangan sel spermatisit sekunder, sehingga jumlah kromosomnya menjadi setengahnya. Selanjutnya sel spermatisit sekunder membelah diri secara mitosis dan hasilnya adalah empat sel (spermatid). Spermatisit sekunder jarang terlihat dalam potongan melintang tubulus seminiferus, karena umur selnya pendek dan cepat membelah menjadi spermatid (Lesson dan Lesson, 1990).

Menurut Junguiera dan Carniero (1992), sel spermatisit sekunder jarang ditemukan dalam potongan testis karena akan cepat mengalami pembelahan meiotik kedua menjadi spermatid. Sel spermatid berukuran kecil dan mempunyai inti dengan kromatin padat, terletak dekat bagian tengah tubulus seminiferus. Terbentuknya spermatid menandakan berakhirnya spermatositogenesis. Selanjutnya spermatid mengalami proses metamorfosis yang disebut spermiogenesis.

Istilah spermiogenesis dipergunakan untuk peristiwa metamorfosis dan perubahan spermatid menjadi spermatozoa. Inti sel spermatid menuju bagian anterior sel, badan golgi mengumpul di bagian depan nukleus kemudian memipih. Terbentuk pula

vakuola yang berisi granula kromosom. Selanjutnya badan golgi berpindah ke posterior dan terbentuk *accessory body* yang akhirnya menjadi bagian leher spermatozoa. Terbentuk pula sentriol pada saat yang bersamaan. Mitokondria berkumpul di bagian posterior kepala spermatozoa (Salisbury dan Van Denmark, 1985).

Terbentuknya spermatozoa menunjukkan bahwa spermatogenesis telah berakhir dan spermatozoa yang semula melekat pada sel sertoli melepaskan diri masuk ke lumen **tubulus seminiferus** (Hardjopranjoto, 1995).

BAB III

MATERI DAN METODE

III.1 Tempat dan Waktu Penelitian.

Penelitian ini dilakukan di dua lokasi yaitu di Dusun Godekan Desa Kajeksan Kecamatan Tulangan Kabupaten Sidoarjo (lihat gambar 7) dan Laboratorium Bio-Kimia, pembedahan dilakukan di Laboratorium GRAMIK Fakultas Kedokteran sedangkan pembuatan sediaan Histologi dilakukan di Laboratorium Patologi Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga Surabaya.

Pelaksanaan penelitian dimulai pada tanggal 4 Februari 1999 sampai dengan 1 April 1999.

III.2 Materi Penelitian

III.2.1 Hewan Percobaan.

Hewan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tikus putih (*Rattus Norwegicus Strain Westar*) jantan sebanyak 25 ekor yang berumur 10 minggu yang diperoleh dari laboratorium Bio-Kimia Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya (lihat gambar 8).

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-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah kandang tikus dilengkapi tempat makan dan minum, toples, peralatan bedah, pot-pot obat, alat-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 tim teknisi dari Jurusan Teknik Elektro ITS dengan menggunakan alat ELF-Survey meter. Pengukuran dilakukan di dua lokasi penelitian yaitu di Dusun Godekan, Desa Kejeksan, Kecamatan Tulangan, Sidoarjo di bawah jaringan SUTET-500 kV dan laboratorium Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya. Pengukuran ini dilakukan masing-masing 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 (lihat gambar 9 dan 10).

III.3.2. Persiapan Hewan Percobaan

Hewan percobaan yang akan mendapat perlakuan dibawa ke lokasi penelitian di kecamatan Tulangan Sidoarjo, sedangkan

kontrol di letakkan di laboratorium Biokimia Fakultas Kedokteran 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 di dalam kandang dimana besar medan listrik dan medan magnet di dalam dan di halaman kandang berbeda. Kandang untuk kontrol dan perlakuan dibuat sama.

0.872

III.3.3. Perlakuan Hewan Percobaan

total

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 medan magnet (H) di dalam dan di halaman kandang 0.035 A/m dengan total dosis paparan medan listrik 2.9517 kV jam/m dan total dosis paparan medan magnet 24. 3425 A jam/m.

P1 : Terdiri dari sepuluh 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 sepuluh ekor tikus putih dipaparkan dibawah 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 diberi pakan dan minum *ad libitum*.

Setelah perlakuan diberikan tikus putih dari masing-masing perlakuan dianesthesia dengan cara memasukkan tikus putih tersebut ke dalam toples berisi kapas yang telah dibasahi eter. Kemudian segera dilakukan pembedahan untuk mengambil testisnya. Setelah testis diambil kemudian masing-masing testis dimasukkan ke dalam pot yang berisi buffer formalin 10%. Setelah itu dilakukan pembuatan sediaan histologis.

III.3.4. Pemeriksaan Mikroskop

Pemeriksaan di bawah mikroskop menggunakan pembesaran 100x, kemudian dilanjutkan dengan pembesaran 400x. Penghitungan dilakukan pada sepuluh tubulus seminiferus pada

irisan testis yang berbeda untuk setiap ulangan pada masing-masing perlakuan.

III.3.5. Peubah yang Diamati

Pengamatan dilakukan terhadap gambaran histologis testis meliputi:

1. Sel spermatogonium letaknya paling dekat dengan membrana basalis tubulus seminiferus dan merupakan sel asal dari rantai spermatogenesis. Inti bulat dan banyak mengandung kromatin
2. Sel spermatosit primer. Sel ini merupakan sel yang besar dan lokasinya lebih ke tengah tubulus seminiferus dibandingkan dengan letak spermatogonium.
3. Sel spermatid. Sel ini berukuran kecil dan memiliki inti dengan kromatin padat, terletak dekat dengan bagian tengah tubulus seminiferus
4. Sel sertoli. Sel ini mempunyai bentukan yang panjang dan kadang seperti piramid, terletak dekat atau diantara sel-sel germinal (Delman dan Brown, 1992 ; Hardjopranjoto, 1995).

III.3.6. Rancangan Penelitian dan Analisis Data

Rancangan penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan ulangan tidak sama yaitu; Po dengan lima ulangan serta P1 dan P2 masing-masing dengan sepuluh ulangan.

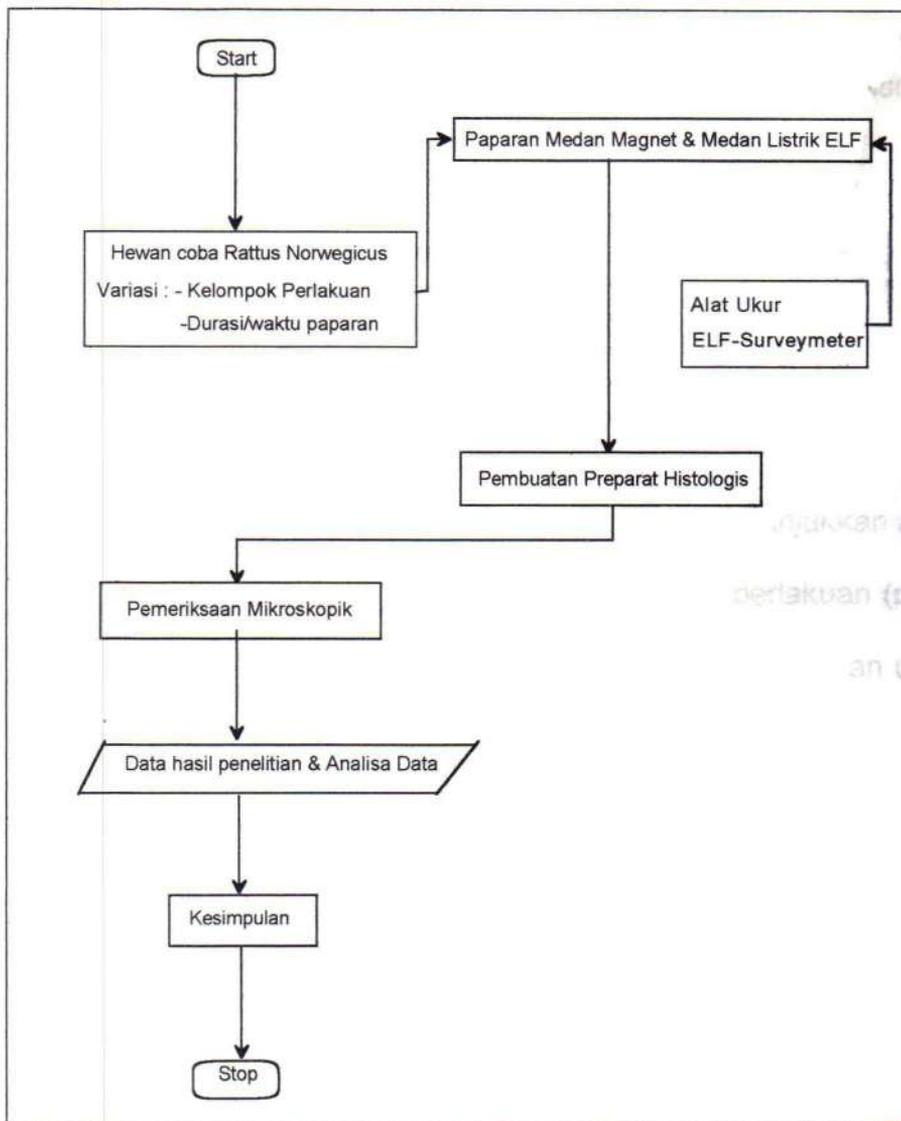
Data hasil penelitian tersebut dianalisis dengan menggunakan sidik ragam dengan derajat kepercayaan 0,05 .

Apabila terdapat perbedaan yang nyata diantara perlakuan maka dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) 5% untuk membandingkan antar perlakuan tersebut (Kusriningrum, 1989).

DIAGRAM ALIR METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan sesuai dengan **diagram**

berikut :



Gambar 1.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

Hasil penelitian gambaran histologis testis tikus putih setelah perlakuan adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Rata-rata jumlah sel sertoli dalam tubulus seminiferus testis tikus putih (*Rattus Norwegicus*) .

Perlakuan	Rata-rata jumlah sel sertoli
Po	58.56 ± 1.7841 ^a
P1	50.22 ± 1.0412 ^b
P2	42.90 ± 2.4554 ^c

Notasi huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0.05$) berdasarkan uji BNT 5%.

Hasil uji analisis statistik dengan sidik ragam, menunjukkan adanya perbedaan yang nyata pada jumlah sel sertoli diantara perlakuan ($p < 0,05$) yang mana F hitung lebih besar dari F tabel. Selanjutnya dengan uji BNT 5% diketahui bahwa jumlah sel sertoli tertinggi pada kelompok kontrol (Po) Kemudian secara berturut-turut perlakuan 1 (P1) dan perlakuan 2 (P2) (lampiran 1).

Tabel 2. Rata-rata jumlah sel spermatogonium dalam tubulus seminiferus testis tikus putih (*Rattus Norwegicus*) .

Perlakuan	Rata-rata jumlah Sel Spermatogonium
P0	55.36 ± 1.71697 ^a
P1	44.43 ± 1.82151 ^b
P2	32.70 ± 1.78699 ^c

Notasi huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0.05$) berdasarkan uji BNT 5%.

Setelah di analisis dengan sidik ragam maka didapatkan adanya perbedaan yang nyata diantara kelompok perlakuan ($p < 0,05$). Dengan uji BNT 5% menunjukkan bahwa kelompok kontrol atau Po memiliki jumlah sel spermatogonium tertinggi dibandingkan dengan yang lain, sedangkan kelompok P3 memiliki jumlah sel spermatogonium terendah (lampiran 2).

Tabel 3. Rata-rata jumlah sel spermatosit primer dalam tubulus seminiferus testis tikus putih (*Rattus Norwegicus*)

Perlakuan	Rata-rata jumlah Spermatosit primer
P0	82.26 \pm 3.11496 ^a
P1	65.04 \pm 4.35513 ^b
P2	49.43 \pm 3.59477 ^c

Notasi huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0.05$) berdasarkan uji BNT 5%.

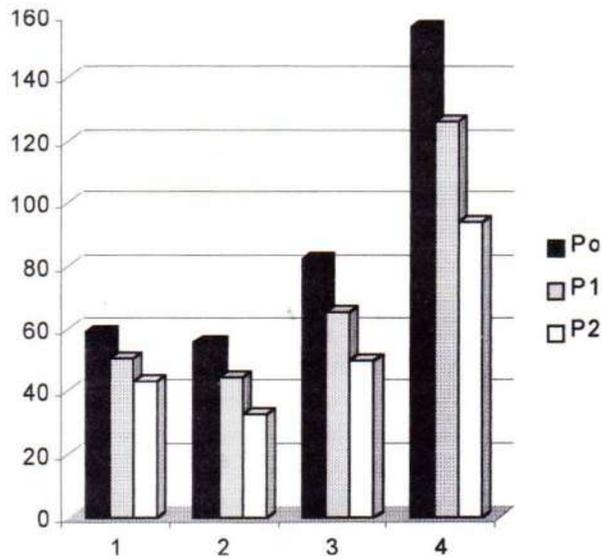
Dengan analisis sidik ragam dapat diketahui adanya perbedaan yang nyata pada jumlah spermatosit primer diantara kelompok perlakuan ($p < 0,05$). Hasil uji BNT 5% menunjukkan bahwa kelompok kontrol atau Po mempunyai jumlah sel spermatosit primer tertinggi kemudian disusul kelompok P1 dan kelompok P2 yang memiliki jumlah sel spermatosit primer terendah (lampiran 3).

Tabel 4. Rata-rata jumlah sel spermatid dalam tubulus seminiferus tikus putih (*Rattus Norwegicus*) .

Perlakuan	Rata-rata jumlah Sel Spermatid
P0	155.90 \pm 3.2388 ^a
P1	126.01 \pm 11.1439 ^b
P2	94.03 \pm 7.6936 ^c

Notasi huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0.05$) berdasarkan uji BNT 5%.

Hasil analisis statistik dengan sidik ragam menunjukkan adanya perbedaan yang nyata diantara perlakuan. Dengan uji BNT 5% menunjukkan bahwa jumlah sel spermatid tertinggi dimiliki kelompok kontrol (Po) kemudian diikuti kelompok P1. Sedangkan kelompok P2 memiliki jumlah spermatid terendah (lampiran 4).



- 1 : Sel sertoli
 2 : Sel spermatogonium
 3 : Sel spermatosit primer
 4 : Sel spermatid.

Gambar 2. Grafik jumlah sel Sel sertoli, spermatogonium, spermatosit primer dan spermatid pada tubulus seminiferus testis tikus putih pada masing-masing perlakuan.

1. Sel Sertoli.
2. Sel Spermatogonium.
3. Sel Spermatosit primer.
4. Sel Spermatid.

Gambar 3. Irisan melintang tubulus seminiferus testis tikus putih.
Perlakuan kontrol (Po). Pewarnaan HE. Pembesaran 400 x.

Gambar 4. Irisan melintang tubulus seminiferus testis tikus putih.
Perlakuan kontrol (Po). Pewarnaan HE. Pembesaran 100 x.

Gambar 5. Irisan melintang tubulus seminiferus testis tikus putih.
Perlakuan 1 (P1). Pewarnaan HE. Pembesaran 100 x.

Gambar 6. Irisan melintang tubulus seminiferus testis tikus putih.
Perlakuan 2 (P2). Pewarnaan HE. Pembesaran 100 x.

BAB V

PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dari gambaran histologis testis tampak adanya perubahan rata-rata jumlah sel sertoli, sel spermatogonium, sel spermatosit primer, dan sel spermatid dalam tubulus seminiferus. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh paparan medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik *extremely low frequency* di bawah SUTET-500kV terhadap gambaran histologis testis tikus putih.

Sel-sel yang menyusun jaringan dan membentuk organ tubuh mempunyai kepekaan sendiri-sendiri terhadap pengaruh lingkungan baik fisik maupun kimia. Sel kelamin baik sel sperma maupun sel telur memiliki sensitifitas tinggi terhadap pengaruh lingkungan termasuk pengaruh terhadap paparan medan listrik dan medan magnet (Amsyari 1989).

Tampak pada hasil penelitian ini rata-rata jumlah sel sertoli, sel spermatogonium, sel spermatosit primer dan sel spermatid dalam tubulus seminiferus menunjukkan adanya penurunan diantara kelompok perlakuan setelah pemaparan terhadap medan listrik dan medan magnet. Hasil analisis sidik ragam dapat terlihat bahwa terdapat perbedaan yang nyata diantara kelompok perlakuan ($p < 0,05$) kemudian dengan uji BNT 5% dapat diketahui bahwa P0 memiliki rata-rata jumlah sel sertoli, sel spermatogonium, sel spermatosit primer dan sel spermatid tertinggi kemudian berturut-turut P1 dan P2 yang saling berbeda antara satu dengan yang lainnya.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa sensitifitas sel terhadap gelombang elektromagnetik ELF adalah pada membran sel, yaitu dapat merubah struktur membran sel dan merubah konduktifitas membran sel. Hal ini akan berpengaruh terhadap keseimbangan ion ekstra dan intra seluler yaitu: ion Na^+ , K^+ , dan yang terpeka adalah ion Ca^{2+} . Ion Ca^{2+} berperan penting terhadap penyampaian impuls atau rangsangan syaraf dan berfungsi sebagai sinyal pengaturan terhadap berbagai fungsi biologis serta berpengaruh terhadap sistim enzimatik dan pengaturan sisa-sisa metabolit. (WHO, 1984; Shimizu, 1995)

Manifestasi membran sel karena pengaruh gelombang elektromagnetik medan ELF nampak dalam penelitian ini dengan adanya penurunan jumlah sel sertoli. Membran sel merupakan faktor utama dalam pengaturan homeokinesis atau homeostasis sel. Membran sel mempunyai peranan penting dalam hal menentukan masuk dan keluarnya bahan pada sel. Terjadinya perubahan struktur dan konduktifitas membran sel dapat mengakibatkan gangguan terhadap homeostasis sel serta terjadi ketidak seimbangan masuk dan keluarnya bahan pada sel termasuk transpor aktif Na^+ dan K^+ (WHO, 1984; Frandson, 1992; Shimizu dkk, 1995).

Transpor aktif Na^+ dan K^+ berhubungan langsung dengan metabolisme yaitu makin besar kecepatan pompa Natrium 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 macet, sehingga sintesis protein menurun. Turunnya sintesis protein oleh retikulum endoplasmik mengakibatkan proses regenerasi sel sertoli berkurang sehingga jumlah sel sertoli menurun (Leeson, 1980; Ganong, 1990). Hal ini sejalan dengan pernyataan Lokhmatova dan Pastukhova (1993) bahwa pemaparan terhadap medan listrik dalam waktu lama dapat menyebabkan terjadinya gangguan metabolisme sel.

Jumlah sel spermatogenik yaitu sel spermatogonium, spermatosit primer dan spermatid mengalami penurunan dalam penelitian ini. Hal ini sejalan dengan penelitian Lokhmatova (1993). Bahwa pemaparan terhadap medan listrik (17 kHz, 100 kV/m) selama 9 bulan pada testis mencit dapat meningkatkan proses destruksi sel spermatogenik dan sel-sel yang memproduksi hormon steroid.

Furuya dkk (1998) menyatakan bahwa paparan medan magnet dalam jangka waktu lama dapat menimbulkan efek pada proliferasi dan diferensiasi spermatogonium pada mencit. Lebih lanjut Lokhmatova dan Pastukhova 1993 menyatakan bahwa pengaruh pemaparan terhadap medan listrik ($f=17$ kHz, $E = 100$ kW/m² dalam waktu 1 - 4 jam) selama 9 bulan telah meningkatkan deskuamasi lapisan epitel spermatogenik pada tubulus seminiferus dan penurunan jumlah sel yang memproduksi testosteron sehingga kadar testosteron menurun serta gangguan metabolisme sel .

Penelitian lain menyatakan bahwa pemberian medan magnet konstan dengan kekuatan 1.6 Tesla selama 30 hari dapat menghancurkan

sel spermatogenik sehingga jumlah sel spermatogenik lebih rendah selama dan sesudah percobaan (Galaktionova dkk, 1985).

Paparan medan listrik dan medan magnet dapat menyebabkan penurunan jumlah sel Leydig yang memproduksi testosteron sehingga kadar testosteron menurun (Lokmatova dan Pastukhova, 1993).

Hormon testosteron mempunyai fungsi mengatur kelakuan birahi hewan jantan, dan secara tidak langsung mendorong proses spermatogenesis bersama-sama dengan FSH. Kadar testosteron yang menurun akibat pemaparan terhadap medan listrik dan medan magnet dapat mengakibatkan terganggunya proses spermatogenesis, sehingga jumlah sel-spermatogenik yaitu; spermatogonium, spermatosit primer dan spermatid mengalami penurunan (Lokmatova dan Pastukhova, 1993; Hardjopranto, 1995)

Penurunan testosteron dan melalui mekanisme umpan balik terhadap hipotalamus menyebabkan terhambatnya sekresi *Gonadotropin Releasing Hormone* (Gn-RH), sebagai akibatnya akan terjadi penurunan sekresi FSH dan ICSH. Inhibin yang dihasilkan oleh sel sertoli juga berperan sebagai umpan balik untuk menghambat produksi FSH. Penurunan FSH akan mempengaruhi pertumbuhan tubulus seminiferus yang berfungsi sebagai tempat untuk memulai spermatogenesis (Toelihere, 1981; Ganong, 1990).

Penurunan FSH juga berpengaruh terhadap aktivitas sel sertoli yang berupa penurunan produksi dan sekresi ABP ke dalam lumen tubulus seminiferus. ABP berfungsi untuk mengangkut dan mengkonsentrasikan

testosteron ke dalam tubulus seminiferus dan epididimis. Mekanisme ini penting untuk mencapai kadar testosteron yang dibutuhkan untuk spermatogenesis yang sempurna (Ganong, 1990).

Penurunan ICSH menyebabkan gangguan terhadap aktivitas sel Leydig untuk menghasilkan testosteron. ICSH dan Testosteron bersama-sama mendorong lebih lanjut pertumbuhan sel kelamin (Hardjopranjoto, 1995). Testosteron juga berfungsi menjaga integritas sel-sel kelamin jantan, selain itu juga mempunyai peranan penting terhadap aktivitas pembelahan meiosis dan mitosis (Soehadi, 1987).

Rodrigues-Rigau (1982) menyatakan bahwa spermatogenesis dikontrol oleh hormon ICSH dan FSH. Kerja ICSH adalah merangsang sel Leydig untuk memproduksi testosteron. Testosteron selanjutnya berdifusi ke dalam tubulus seminiferus untuk kelangsungan spermatogenesis. Testosteron bertanggung jawab terhadap pembelahan sel kecambah menjadi sel spermatogonium yang merupakan awal spermatogenesis. Jadi jelaslah bahwa penurunan kadar testosteron dalam penelitian ini dapat menyebabkan terjadinya penurunan jumlah sel spermatogonium.

FSH adalah hormon yang bertanggung jawab merangsang aktivitas tubulus seminiferus dalam proses spermatogenesis. Testosteron merangsang epitel germinal untuk bereaksi dengan FSH. FSH menyebabkan spermatogenesis dimulai pada pembelahan sel spermatogonium (Rodrigues-Rigau dan Steinberger, 1982; Salisbury dan Van Demark, 1984). Penurunan kadar testosteron dalam penelitian ini mengakibatkan pembelahan sel spermatogonium menjadi spermatisit primer terhambat

hal ini karena kadar testosteron yang rendah menyebabkan tanggapan epitel germinal kurang peka terhadap FSH, sehingga terjadi penurunan sel spermatosit primer. Demikian pula dengan spermatid, karena spermatid merupakan hasil pembelahan mitosis spermatogonium yang berlanjut pembelahan meiosis spermatosit pada tahap proliferasi dari proses spermatogenesis.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengaruh medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik *Extremely Low Frequency* terhadap gambaran histologis testis tikus putih (*Rattus Norwegicus*) dapat disimpulkan sebagai berikut :

Pemaparan terhadap medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik *Extremely Low Frequency* di bawah jaringan SUTET - 500 kV dengan intensitas medan listrik (E) dalam kandang sebesar 1.028 kV/m dan halaman kandang 2.01 kV/m serta intensitas medan magnet (H) dalam kandang sebesar 0.872 A/m dan halaman kandang 0.9138 A/m selama 29 hari atau 8 minggu berpengaruh terhadap gambaran histologi testis yaitu: menyebabkan penurunan jumlah sel sertoli, spermatogonium, spermatosit primer dan spermatid.

Semakin lama waktu pemaparan terhadap medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik *Extremely Low Frequency* di bawah jaringan SUTET-500 kV maka semakin besar dosis paparan yang diterima sehingga semakin besar pula terjadinya penurunan terhadap jumlah sel sertoli, spermatogonium, spermatosit primer dan spermatid.

VI.2 Saran

Dalam penelitian ini disarankan perlunya diadakan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh pemaparan medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik *Extremely Low Frequency* terhadap organ yang berbeda, karena pada organ yang berbeda akan terjadi efek yang berbeda.

RINGKASAN

YANTI INDRIASARI. "Pengaruh Medan Listrik dan Medan Magnet Gelombang Elektromagnetik *Extremely Low Frequency (ELF)* terhadap Gambaran Histologi Testis Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) Strain *Wester Jantan*". Kebutuhan akan listrik semakin meningkat sejalan dengan kemajuan teknologi. Untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut, pemerintah telah membangun pembangkit listrik bertenaga besar. Penyaluran energi listrik dari pusat pembangkit listrik ke pusat beban atau dari pusat beban ke pusat beban yang lebih jauh menggunakan saluran transmisi tenaga listrik berupa saluran udara tegangan ekstra 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 *extremely low frequency (ELF)*.

Medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik ELF ini mampu menimbulkan perubahan pada struktur membran sel dan fungsi sel serta gangguan metabolisme sel. Selain itu juga dapat menyebabkan jumlah sel leydig menurun sehingga terjadi penurunan produksi testosteron. Testosteron sangat dibutuhkan dalam proses spermatogenesis. Bila produksi testosteron terganggu akan mempengaruhi sistem keseimbangan hormonal dan proses spermatogenesis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik ELF terhadap gambaran

histologi testis tikus putih (*Rattus norvegicus*) khususnya pada jumlah sel sertoli, sel spermatogonium, sel spermatosit primer dan sel spermatid.

Hewan coba yang digunakan adalah 25 ekor tikus putih (*Rattus norvegicus*) *Strain Wester* jantan. Hewan coba dibagi menjadi 3 kelompok perlakuan yaitu; kelompok kontrol yang dipaparkan pada medan listrik dan medan magnet alami selama 57 hari, kelompok P1 dan P2 masing-masing dipaparkan di bawah jaringan SUTET 500 kV selama 29 hari dan 57 hari. Setelah perlakuan, hewan coba dianestesi dan diambil testisnya untuk dibuat sediaan histologi.

Penelitian ini menggunakan desain rancangan acak lengkap (RAL) dengan ulangan tidak sama. Data dianalisis dengan sidik ragam dan dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (BNT) 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa paparan medan listrik dan medan magnet gelombang elektromagnetik ELF memberikan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$) terhadap jumlah sel sertoli, sel spermatogonium, sel spermatosit primer, dan sel spermatid. Rataan jumlah tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan kontrol (Po) dan terendah pada P2.

DAFTAR PUSTAKA

- Amsyari. Fuad. 1989. Radiasi Dosis Rendah dan Pengaruhnya Terhadap Kesehatan (suatu pengantar terhadap upaya proteksi radiasi). Airlangga University Press, Surabaya.
- Beverlander. G. and J.A. Ramaley. 1988. Dasar-dasar Histologi. Terjemahan: Gunarso, W. Erlangga . Jakarta.
- Cember H. 1969. Introduction to Health Physich. International Series of Monographs in Nuclear Energy Vol. 105, Australia.
- Dellman. H.D. dan E.M. Brown. 1992. Buku Teks Histologi Veteriner. Terjemahan: R. Hartono dan S.S. Juwono. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Frandsen. R.D. 1992. Anatomi dan Fisiologi Ternak. Edisi 4. Terjemahan: B. Srigondo. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Furuya H. ikawa H, Hagino T, Yoshida T, and Shakabe K. 1998. Flow Cytometric Analysis of Effect of 50 Hz Magnetic Fields on Mouse Spermatogenesis. Nippon Eiseigaku Zasshi : 420-5.
- Galaktionova. GV, Mastriukova VM, and Strzhizhovakii AD. 1985. Sensitivity of Mammalian Tissues to Prolonged Exposure to High-tension Permanent Magnetic Fields. Kosm Biol Aviakosm : 78-81.
- Ganong. W.F. 1990. Fisiologi Kedokteran. Edisi 10. Terjemahan: A. Darma. ECG Penerbit Buku Kedokteran. Jakarta.
- Granner. D.K. 1987. Biokimia Harper. Terjemahan: I. Darmawan. ECG. Penerbit Buku Kedokteran. Jakarta.
- Griffiths J D. 1981. Introduction To Elektrodynamics. Prentice Hall, New Jersey.
- Grotel E. Peter D.K, and Grobinski H. 1992. EMF and ELF Fact Sheet. Elektroteknik. vol 75 :255-260.
- Hafez. E. SE. 1980. Reproduction in Farm Animal 4th Ed. Lea & Febiger. Philadelphia.
- Hardjopranjoto. S. 1995. Ilmu Kemajiran Ternak. Airlangga University Press. Surabaya.

- Huuskonen. H. M-L Linbohm, and J. Juutaileinen. 1998. Terstogeniv ang Reproductive Effects of Low Frequency Elektromagnetic Fields. Mini Review. Mutation Res. 410 : 167-183.
- Junguiera. L.C. and J. Carneiro. 1992. Basic Histologi. 7th Ed. Appleton & Lange.
- J Juutilainen.P. Matilainen. S, Saarikoski. J, E. Laara and S. Suonio. 1993. Early Pregnancy Loss to Exposure to 50 Hz Magnetic Fields. Bioelectromagnetic. 14: 229-236.
- Kowalczuk CI. Robbins L, Thomas JM, and Saunders RD. 1995. Dominant Lethal Studies in Male Mice After Exposure to a 50 Hz Magnetic Field. Mutat Res : 229-37.
- Kusriningrum. 1989. Dasar Perancangan Percobaan Dan Rancangan Acak Lengkap. Fakultas Kedokteran Hewan. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Lee J.M. 1982. Electrical and Biological Effects of Transmission Line. A. Review Port Land : US. Dept of Energy. Bonneville Power Administration.
- Leeson. C.R. , T.S. Leeson and A.p. Anthoni. 1990. Buku Ajar Histologi. Terjemahan. Edisi 5. Penerbit Buku Kedokteran ECG. Jakarta.
- Lokhmatova SA. 1993. An Ultrastruktural Analysis of the Testes in Mice Subjected to Long-term Expousure to a 17-kHz Electrical Field. Radiobiologiia : 342-6.
- Lokhmatova SA and Pastukhova luR. 1993. Morphologic and Histoenzymologic Analysis of Effect of Electrical Fields at 17 kHz on Testis and Testis Appendages in Mice.. Aviakosm Ekolog Med : 50-4.
- Maria Feychting and Anders Ahlbom. 1995. Chilhood Leukemia and Residential Exposure to Weak Extremely Low Frequency Magnetik Fields. Karolinska Institute. Stockholm. Sweden. Inviron Health Perspect (suppl 2): 59-62.
- Narra VR. Howell RW, Goddu SM and Rao DV. 1996. Effects of a 1,5-Tesla Static Magnetic Field on Spermatogenesis and Embryogenesis in Mice. Invest Radiol : 586-90.
- Poernomo. B.S., Widjiati, E.M. Luqman, M. Mafruchati dan D.M. Endang. 1998. Diktat Embriologi. Laboratorium Ilmu Mudigah. Fakultas Kedokteran Hewan . Universitas Airlangga. Surabaya.

- Rodrigues-Rigau. L.J and E. Steinberger. 1982. The Testis and Spermatogenesis. In : Zaneveld, L.J.D and R.T. Chartterton. ed. Biochemistry of Mamalian Reproduction. A. wiley-Interscience Publication John Wiley and son. Canada.
- Roland J. Lamarine H SD, Richard A and Narad DPA. 1992. Health Risk Associated With Residential Exposure to Extremely Low Frequency Elektromagnetic Radiation. Journal of Communitie Health. Vol 7.
- Salisbury. G.W. dan N.L. Dermark. 1985. Fisiologi Reproduksi dan Inseminasi Buatan pada Sapi. Terjemahan: Djanuar, R. Gajah Mada University Press.
- Shellock FG. Rothman B, Sarti D.1990. Heating of the scrotum by high-field-strength MR imaging. Departement of Diagnostig Radiology, Cedars-Sinai Medical Center, Los Angeles, CA. AJR Am J Roentgenol : 1229-32.
- Shimizu-H. Suzuki-Y., Okonologi-H. 1995. Biological Effect of Elektromagnetic Fields. Nippon-Eiseigaku- Zasshi : 919-31.
- Simko M. Kriehuber R, Weiss DG, Luben RA. 1998. Effects of 50 Hz EMF exposure on micronucleus formation and apoptosis in transformed and nontransformed human cell lines. Institute of Animal physiology, Unit of Enviromental Physiology, University of Rostock, Germany :85-91.
- Soehadi. K. 1987. Mencari Kontrasepsi Pria dengan Meneliti Khasiat Obat-obatan Tradisional. Medika.
- Terol FF and Oanchon A. 1995. Exposure of Domestic Quail Embryos to Extremely Low Frequency Magnetics Fields. Radiat Biol : 321-30.
- Toelihere. M.R. 1981. Fisiologi Reproduksi Pada Ternak. angkasa. Bandung.
- Tore Tynes MD. Jon B Reitan MD and Aoge Andersen. 1994. Incidence of Cancer Among Workers in Norwegian Hydroelectric Power Companies. Scan J Work Environ Health 20: 339-44
- World Health Organization. 1984. Extremely Low Frequency (ELF) Fields. Environments Health Criteria 35, Geneva.
- World Health Organization. 1987. Magnetic Fields. Environments Health Criteria 69, Geneva.

World Health Organization. 1989. Nonionizing Radiation Protection. 2nd Edition. European Series. No.25. Ottawa. Canada.

Gambar 7. Lokasi penelitian di Dusun Godekan Desa Kajeksan
Kecamatan Tulangan Sidoarjo.

Gambar 8. Hewan coba.

Gambar 9. Pengukuran medan listrik

Gambar 10. Pengukuran medan magnet.

Gambar

Gambar 7. Lokasi penelitian di Dusun Godekan Desa Kajeksan
Kecamatan Tulangan Sidoarjo.

Gambar 8. Hewan coba.

Gambar 9. Pengukuran medan listrik

Gambar 10. Pengukuran medan magnet.

Lampiran

Lampiran 1

EVALUASI STATISTIK

Evaluasi statistik jumlah rata-rata sel sertoli dalam tubulus seminiferus testis tikus putih.

Ulangan	Rata-rata	jml sel	sertoli	Total
	Po	P1	P2	
1	56.8	48.9	40.9	
2	58.5	49	41.3	
3	60.1	50.3	38.7	
4	56.8	48.8	41.7	
5	60.6	50.5	46.1	
6		50.4	43.4	
7		51	43.5	
8		52	46.5	
9		51	44.9	
10		50.3	42	
Σ	292.8	502.2	429	1,224
\bar{X}	58.56	50.22	42.9	122.4
SD	1.78	1.04	2.46	

$$\begin{aligned} FK &= (1224^2:25) \\ &= 59927.04 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKT &= \sum_{i=1}^t \sum_{p=1}^{v_i} v_i y_{ij}^2 - FK \\ &= 56.8^2 + 58.5^2 + \dots + 42^2 - 59927.04 \\ &= 920.66 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKP &= \sum_{i=1}^t \frac{y_i^2}{n_i} - FK \\ &= (292.8^2 : 5) + (502.2 : 10) + (429 : 10) - 59927.04 \\ &= 843.912 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKS &= JKP - JKT \\ &= 843.912 - 920.66 \\ &= 76.748 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KTP} &= \text{JKP} : (t-1) \\ &= 843.912:2 \\ &= 421.956 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KTS} &= \frac{\text{JKS}}{\sum_{i=1}^t (n_i - 1)} \\ &= 76.748 : 22 \\ &= 3.488545455 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{F hitung} &= \text{KTP} : \text{KTS} \\ &= 421.956 : 3.4885 \\ &= 120.9547089 \end{aligned}$$

DAFTAR SIDIK RAGAM

S.K	d.b	J.K	K.T	F hit	F tabel	
					0,05	0,01
Perlakuan	2	843.91	421.96	120.95 **	3.44	5.72
Sisa	22	76.75	3.49			
Total	24	920.66				

F hitung > F tabel

Kesimpulan.

Pemaparan medan listrik dan medan magnet di bawah jaringan SUTET-500 kV memberikan perbedaan yang nyata terhadap jumlah sel sertoli dalam tubulus seminiferus testis tikus putih.

UJI BEDA NYATA TERKECIL (BNT 5%)

Uji BNT (5%) bila masing-masing perlakuan dibandingkan dengan kontrol.

$$\begin{aligned} \text{BNT (5\%)} &= t (5\%) (\text{db. sisa}) \times \sqrt{\text{KTS} \left[\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B} \right]} \\ &= 2.074 \times \sqrt{3.49 \times \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{10} \right)} \\ &= 2.121737 \end{aligned}$$

Selisih rata-rata perlakuan :

Perlakuan	Rata-rata perlakuan \bar{x}	Beda (selisih)		BNT 5%
		$\bar{x} - C$	$\bar{x} - B$	
A (Po)	58.56 ^a	15.66*	8.34*	2.12
B (P1)	50.22 ^b	7.32*		
C (P2)	42.9 ^c			

Uji BNT untuk membandingkan antara P1 dan P2

$$\begin{aligned} \text{BNT (5\%)} &= t (5\%) (\text{db sisa}) \times \sqrt{\frac{2}{n} KTS} \\ &= 2.074 \times (2 \times 3.49/10)^{1/2} \\ &= 0.54783 \end{aligned}$$

Selisih rata-rata perlakuan

Perlakuan	Rata-rata perlakuan	Beda (selisih)	BNT 5%
	\bar{x}	$\bar{x} - C$	
B(P1)	50.22 ^b	7.32 [*]	0.55
C(P2)	42.9 ^c		

* = berbeda nyata

Notasi huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata.

Notasi :

Po	P1	P2
a.		
	b.	
		c.

Lampiran 2

Evaluasi statistik jumlah rata-rata sel spermatogonium dalam tubulus seminiferus testis tikus putih.

Ulangan	Rata-rata Jml Sel Spermatogonium			Total
	Po	P1	P2	
1	55.6	45.5	29.9	
2	57.8	41.2	34.1	
3	54.4	43.4	31.8	
4	53.2	44.8	32.8	
5	55.8	47.2	34.6	
6		44.9	34.6	
7		46	32	
8		44.4	32.5	
9		41.9	34.6	
10		45	30.1	
Σ	276.8	444.3	327	1,048
\bar{X}	55.36	44.43	32.7	104.8
SD	1.72	1.82	1.79	

$$FK = (1048^2:25) \\ = 43940.5444$$

$$JKT = \sum_{i=1}^t \sum_{p=1}^{v_i} v_i y_{ij}^2 - FK \\ = 55.6^2 + 57.8^2 + \dots + 30.1^2 - 43940.5444 \\ = 1886.6456$$

$$JKP = \sum_{i=1}^t \frac{y_i^2}{n_i} - FK \\ = (276.8^2 : 5) + (444.3 : 10) + (32.7 : 10) - 43940.5444 \\ = 1816.2526$$

$$JKS = JKP - JKT \\ = 1886.6456 - 1816.2526 \\ = 70.393$$

$$\begin{aligned} \text{KTP} &= \text{JKP} : (t-1) \\ &= 1886.6456 : 2 \\ &= 908.1263 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KTS} &= \frac{\text{JKS}}{\sum_{i=1}^t (n_i - 1)} \\ &= 70.393 : 22 \\ &= 3.199681818 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{F hitung} &= \text{KTP} : \text{KTS} \\ &= 908.1263 : 3.1996 \\ &= 283.8176893 \end{aligned}$$

DAFTAR SIDIK RAGAM

S.K	d.b	J.K	K.T	F hit	F tabel	
					0,05	0,01
Perlakuan	2	1,816.25	908.13	283.82	3.44	5.72
Sisa	22	70.39	3.2			
Total	24	1,886.65				

F hitung > F tabel

Kesimpulan.

Pemaparan medan listrik dan medan magnet di bawah jaringan SUTET-500 kV memberikan perbedaan yang nyata terhadap jumlah sel spermatogonium dalam tubulus seminiferus testis tikus putih.

UJI BEDA NYATA TERKECIL (BNT 5%)

Uji BNT (5%) bila masing-masing perlakuan dibandingkan dengan kontrol.

$$\begin{aligned} \text{BNT (5\%)} &= t (5\%) (\text{db. sisa}) \times \sqrt{\text{KTS} \left[\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B} \right]} \\ &= 2.074 \times \sqrt{3.2 \times \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{10} \right)} \\ &= 2.031996 \end{aligned}$$

Selisih rata-rata perlakuan :

Perlakuan	Rata-rata perlakuan \bar{x}	Beda (selisih)		BNT 5%
		$\bar{x} - C$	$\bar{x} - B$	
A (Po)	55.36 ^a	22.66*	10.93*	2.03
B(P1)	44.43 ^b	11.73*		
C(P2)	32.7 ^c			

Uji BNT untuk membandingkan antara P1 dan P2

$$\begin{aligned} \text{BNT (5\%)} &= t (5\%) (\text{db sisa}) \times \sqrt{\frac{2}{n} KTS} \\ &= 2.074 \times (2 \times 3.2 / 10)^{1/2} \\ &= 0.524659 \end{aligned}$$

Selisih rata-rata perlakuan

Perlakuan	Rata-rata perlakuan	Beda (selisih)	BNT 5%
	\bar{x}	$\bar{x} - C$	
B(P1)	44.43 ^b	11.73 [*]	0.52
C(P2)	32.7 ^c		

* = berbeda nyata

Notasi huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata.

Notasi :

Po	P1	P2
a.		
	b.	
		c.

Lampiran 3

Evaluasi statistik jumlah rata-rata sel spermatis primer dalam tubulus seminiferus testis tikus putih.

Ulangan	Rata-rata Jml Sel Spermatis primer			Total
	Po	P1	P2	
1	79.3	60.9	40.8	
2	78.6	59.7	51	
3	83.3	65.7	47.6	
4	85	70.7	50.6	
5	85.1	67.7	47.1	
6		66.9	49.9	
7		69.9	53.8	
8		64.2	50.5	
9		67	51.8	
10		57.7	51.2	
Σ	411.3	650.4	494.3	1,556
\bar{x}	82.26	65.04	49.43	155.6
SD	3.11	4.36	3.59	

$$FK = (1556^2 : 25) \\ = 96845.44$$

$$JKT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{v_i} y_{ij}^2 - FK \\ = 79.3^2 + 78.6^2 + \dots + 51.2^2 - 96845.44 \\ = 4049.18$$

$$JKP = \sum_{i=1}^t \frac{y_i^2}{n_i} - FK \\ = (411.3^2 : 5) + (650.4 : 10) + (494.3 : 10) - 96845.44 \\ = 3723.363$$

$$JKS = JKP - JKT \\ = 4049.18 - 3723.363 \\ = 325.817$$

$$\begin{aligned} \text{KTP} &= \text{JKP} : (t-1) \\ &= 3723.363 : 2 \\ &= 1861.6815 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KTS} &= \frac{\text{JKS}}{\sum_{j=1}^t (n_j - t)} \\ &= 325.817 : 22 \\ &= 14.8098 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{F hitung} &= \text{KTP} : \text{KTS} \\ &= 1861.6815 : 14.8098 \\ &= 125.7055126 \end{aligned}$$

DAFTAR SIDIK RAGAM

S.K	d.b	J.K	K.T	F hit	F tabel	
					0,05	0,01
Perlakuan	2	3,723.36	1,861.68	125.71	3.44	5.72
Sisa	22	325.82	14.81			
Total	24	4,049.18				

F hitung > F tabel

Kesimpulan.

Pemaparan medan listrik dan medan magnet di bawah jaringan SUTET-500 kV memberikan perbedaan yang nyata terhadap jumlah sel spermatis primer dalam tubulus seminiferus testis tikus putih.

UJI BEDA NYATA TERKECIL (BNT 5%)

Uji BNT (5%) bila masing-masing perlakuan dibandingkan dengan kontrol.

$$\text{BNT (5\%)} = t (5\%) (\text{db. sisa}) \times \sqrt{\text{KTS} \left[\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B} \right]}$$

$$= 2.074 \times \sqrt{14.81 \times \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{10} \right)}$$

$$= 4.371645$$

Selisih rata-rata perlakuan :

Perlakuan	Rata-rata perlakuan \bar{x}	Beda (selisih)		BNT 5%
		$\bar{x} - C$	$\bar{x} - B$	
A (Po)	82.26 ^a	32.83 [*]	17.22 [*]	4.37
B(P1)	65.04 ^b	15.61 [*]		
C(P2)	49.43 ^c			

Uji BNT untuk membandingkan antara P1 dan P2

$$\text{BNT (5\%)} = t (5\%) (\text{db sisa}) \times \sqrt{\frac{2}{n} KTS}$$

$$= 2.074 \times (2 \times 14.81/10)^{1/2}$$

$$= 1.1287539$$

Perlakuan	Rata-rata perlakuan	Beda (selisih)	BNT 5%
	\bar{x}	$\bar{x} - C$	
B(P1)	65.04 ^b	15.61 [*]	1.13
C(P2)	49.43 ^c		

* = berbeda nyata

Notasi huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata.

Notasi : Po P1 P2

 a. b. c.

Lampiran 4

Evaluasi statistik jumlah rata-rata sel spermatid dalam tubulus seminiferus testis tikus putih.

Ulangan	Rata-rata Jml Sel Spermatid			Total
	Po	P1	P2	
1	152	111.3	79.5	
2	153.1	108.6	88.8	
3	156.8	118.5	96.1	
4	159.6	139.5	93	
5	158	136.6	93	
6		126.1	99.7	
7		140.3	87.5	
8		128.4	104.2	
9		129.7	94	
10		121.1	104.5	
Σ	779.5	1,260.1	940.3	2,980
\bar{x}	155.9	126.01	94.03	298
SD	3.24	11.14	7.69	

$$FK = (2980^2 : 25) \\ = 355192.1604$$

$$JKT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{v_i} y_{ij}^2 - FK \\ = 152^2 + 153.1^2 + \dots + 104.5^2 - 355192.1604 \\ = 15225.8496$$

$$JKP = \sum_{i=1}^t \frac{y_i^2}{n_i} - FK \\ = (779.5^2 : 5) + (1260.1^2 : 10) + (940.3^2 : 10) - 355192.1604 \\ = 13533.4996$$

$$JKS = JKP - JKT \\ = 15225.8496 - 13533.4996 \\ = 1692.35$$

$$\begin{aligned} \text{KTP} &= \text{JKP} : (t-1) \\ &= 13533.4996 : 2 \\ &= 6766.7498 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KTS} &= \frac{\text{JKS}}{\sum_{i=1}^t (n_i - t)} \\ &= 1692.35 : 22 \\ &= 76.925 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{F hitung} &= \text{KTP} : \text{KTS} \\ &= 6766.7498 : 76.925 \\ &= 87.96554826 \end{aligned}$$

DAFTAR SIDIK RAGAM

S.K	d.b	J.K	K.T	F hit	F tabel	
					0,05	0,01
Perlakuan	2	13,533.5	6,766.75	87.97	3.44	5.72
Sisa	22	1,692.35	76.93			
Total	24	15,225.8				

F hitung > F tabel

Kesimpulan.

Pemaparan medan listrik dan medan magnet di bawah jaringan SUTET-500 kV memberikan perbedaan yang nyata terhadap jumlah sel spermatid dalam tubulus seminiferus testis tikus putih.

UJI BEDA NYATA TERKECIL (BNT 5%)

Uji BNT (5%) bila masing-masing perlakuan dibandingkan dengan kontrol.

$$\begin{aligned} \text{BNT (5\%)} &= t (5\%) (\text{db. sisa}) \times \sqrt{\text{KTS} \left[\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B} \right]} \\ &= 2.074 \times \sqrt{76.93 \times \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{10} \right)} \\ &= 9.963298269 \end{aligned}$$

Selisih rata-rata perlakuan :

Perlakuan	Rata-rata perlakuan \bar{x}	Beda (selisih)		BNT 5%
		$\bar{x} - C$	$\bar{x} - B$	
A (Po)	155.9	61.87 *	29.89 *	9.96
B(P1)	126.01	31.98 *		
C(P2)	94.03			

Uji BNT untuk membandingkan antara P1 dan P2

$$\begin{aligned} \text{BNT (5\%)} &= t (5\%) (\text{db sisa}) \times \sqrt{\frac{2}{n} KTS} \\ &= 2.074 \times (2 \times 76.925/10)^{1/2} \\ &= 2.572512551 \end{aligned}$$

Selisih rata-rata perlakuan :

Perlakuan	Rata-rata perlakuan	Beda (selisih)	BNT 5%
	\bar{x}	$\bar{x} - C$	
B(P1)	126.01	31.98 *	2.57
C(P2)	94.03		

* = berbeda nyata ($p \leq 0.05$)

Notasi huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata.

Notasi : Po P1 P2

a.

b.

c.

Lampiran 5 Kerja Testis yang telah dicuci dengan air kran selama 30 menit, dimasukkan ke dalam reagen dengan urutan:

PEMBUATAN SEDIAAN HISTOLOGIS TESTIS

xyloi I dan II masing-masing selama 30 menit.

Pembuatan preparat histologis testis dilakukan di laboratorium Patologi Fakultas Kedokteran Hewan UNAIR Surabaya. Adapun tahap-tahapnya sebagai berikut :

a. Fiksasi dan pencucian

Tujuan : Mencegah terjadinya degenerasi pasca mati.

Mematikan kuman atau bakteri.

Meningkatkan afinitas jaringan terhadap bermacam-macam zat warna.

Menjadikan jaringan lebih keras sehingga mudah dipotong.

Meningkatkan indek refraksi berbagai komponen jaringan.

Reagen: Larutan Bouin

Cara Kerja: Setelah kedua testis diambil, dimasukkan dalam larutan Bouin sekurang-kurangnya 24 jam dan kemudian dilakukan pencucian dengan kran yang mengalir selama 30 menit.

b. Dehidrasi dan Clearing

Tujuan : Untuk menarik air dari jaringan, Membersihkan dan menjernihkan jaringan.

Reagen : Alkohol 70%, 80%, 95%, 96%, alkohol absolut I, II, III, xylol I dan II.

Cara Kerja : Testis yang telah dicuci dengan air kran selama 30 menit, dimasukkan ke dalam reagen dengan urutan: alkohol 70%, 80%, 95%, 96%, alkohol absolut I, II, III, xylol I dan II masing-masing selama 30 menit.

c. Infiltrasi (embedding)

Tujuan : Untuk menginfiltrasi jaringan dengan parafin akan menembus ruangan antar sel dan dalam sel sehingga lebih tahan terhadap pemotongan.

Reagen : Parafin I dan II.

Cara Kerja : Jaringan dimasukkan dalam parafin I yang mencair kemudian dioven selama 30 menit selanjutnya dimasukkan ke dalam parafin II dan dimasukkan lagi ke dalam oven selama 30 menit pada suhu 58-60°C.

d. Pembuatan balok parafin

Tujuan : Untuk memudahkan pemotongan jaringan.

Reagen : Parafin cair.

Cara Kerja : Menyediakan cetakan besi yang sebelumnya diolesi gliserin untuk mencegah melekatnya parafin pada cetakan. Setelah parafin dituang pada cetakan, testis dimasukkan dengan pinset dan ditunggu sampai parafin membeku.

e. Pengirisan dengan mikrotom.

Tujuan : Untuk memotong jaringan setipis mungkin agar mudah dilihat di bawah mikroskop.

Cara Kerja : Testis yang telah dicuci dengan air kran selama 30 menit, dimasukkan ke dalam reagen dengan urutan: alkohol 70%, 80%, 95%, 96%, alkohol absolut I, II, III, xylol I dan II masing-masing selama 30 menit.

c. Infiltrasi (embeding) alkohol 96%, alkohol absolut I dan II selama satu

Tujuan : Untuk menginfiltrasi jaringan dengan parafin akan menembus ruangan antar sel dan dalam sel sehingga lebih tahan terhadap pemotongan.

Reagen : Parafin I dan II.

Cara Kerja : Jaringan dimasukkan dalam parafin I yang mencair kemudian dioven selama 30 menit selanjutnya dimasukkan ke dalam parafin II dan dimasukkan lagi ke dalam oven selama 30 menit pada suhu 58-60°C.

d. Pembuatan balok parafin

Tujuan : Untuk memudahkan pemotongan jaringan.

Reagen : Parafin cair.

Cara Kerja : Menyediakan cetakan besi yang sebelumnya diolesi gliserin untuk mencegah melekatnya parafin pada cetakan. Setelah parafin dituang pada cetakan, testis dimasukkan dengan pinset dan ditunggu sampai parafin membeku.

e. Pengirisan dengan mikrotom.

Tujuan : Untuk memotong jaringan setipis mungkin agar mudah dilihat di bawah mikroskop.

Lampiran 6

warna eosin selama seperempat menit, kemudian dimasukkan lagi ke dalam aquades secukupnya.

Selanjutnya dimasukkan ke dalam alkohol 70%,

alkohol 80% masing-masing selama setengah menit,

alkohol 96%, alkohol absolut I dan II selama satu menit. Terakhir dimasukkan ke dalam xylol I dan II

masing-masing selama 1-2 menit selanjutnya

dibersihkan dari sisa-sisa pewarnaan.

g. Mounting.

Cara Kerja : Penutupan gelas obyek dengan gelas penutup yang sebelumnya telah ditetesi canada balsem.

Periakuan	Tubulus Seminiferus										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Pe-1	60	51	72	68	60	49	47	53	55	63	53,8
Pe-2	59	48	63	53	58	64	65	61	59	64	58,1
Pe-3	50	71	63	53	58	64	65	61	59	64	58,1
Pe-4	75	70	63	53	58	64	65	61	59	64	58,1
Pe-5	78	71	63	53	58	64	65	61	59	64	58,1
Pe-6	50	55	63	53	58	64	65	61	59	64	58,1
Pe-7	45	48	53	46	43	50	49	46	54	49	49
Pe-8	60	55	63	53	58	64	65	61	59	64	58,1
Pe-9	41	51	50	58	45	44	47	47	47	47	48,8
Pe-10	37	56	47	50	52	55	45	44	44	44	50,5
Pe-11	41	57	55	45	47	45	46	50	50	50	50,4
Pe-12	55	52	45	49	53	64	56	56	56	56	52
Pe-13	43	45	47	56	50	51	52	52	52	52	50,3
Pe-14	46	43	37	31	35	43	47	47	47	47	40,9
Pe-15	46	52	44	50	33	30	31	31	31	31	41,3
Pe-16	41	45	37	37	30	35	34	34	34	34	38,7
Pe-17	47	47	36	41	40	39	44	44	44	44	41,7
Pe-18	49	46	46	46	40	43	41	41	41	41	46,1
Pe-19	40	38	31	41	48	47	47	47	47	47	43,4
Pe-20	38	44	43	45	47	49	49	49	49	49	43,5
Pe-21	51	39	45	43	40	48	48	48	48	48	46,5
Pe-22	45	47	47	49	40	44	44	44	44	44	44,9
Pe-23	50	44	40	39	40	41	41	41	41	41	42

Lampiran 6

Hasil Perhitungan jumlah sel sertoli pada 10 Tubulus Seminiferus
Rattus Norwegicus setelah perlakuan

Perlakuan	Tubulus Seminiferus										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Po-1	60	51	72	68	50	49	47	53	55	63	56.8
Po-2	59	48	61	63	56	49	71	70	54	54	58.5
Po-3	50	71	66	53	58	54	65	61	59	64	60.1
Po-4	75	60	68	51	49	54	56	53	50	52	56.8
Po-5	68	61	55	52	48	65	67	63	65	62	60.6
P1-1	50	55	53	52	43	45	48	44	49	50	48.9
P1-2	45	48	55	54	46	43	50	49	46	54	49
P1-3	51	60	52	54	56	44	48	46	50	42	50.3
P1-4	54	44	48	51	50	58	45	44	47	47	48.8
P1-5	48	48	60	56	47	50	52	55	45	44	50.5
P1-6	49	59	54	52	55	45	47	45	48	50	50.4
P1-7	44	61	53	51	51	54	52	48	49	47	51
P1-8	43	56	50	55	52	45	49	50	64	56	52
P1-9	52	55	48	49	54	46	50	51	53	52	51
P1-10	49	61	50	43	45	47	55	50	51	52	50.3
P2-1	49	50	41	40	35	37	31	36	43	47	40.9
P2-2	36	43	45	48	53	44	50	33	30	31	41.3
P2-3	45	42	51	41	35	37	37	30	35	34	38.7
P2-4	48	50	45	43	38	39	41	40	29	44	41.7
P2-5	50	51	48	47	49	46	46	40	43	41	46.1
P2-6	42	48	43	51	45	38	31	41	48	47	43.4
P2-7	37	39	45	48	38	44	43	45	47	49	43.5
P2-8	55	48	47	49	51	39	45	43	40	48	46.5
P2-9	48	51	40	38	45	47	47	49	40	44	44.9
P2-10	39	45	37	49	50	44	40	35	40	41	42

Lampiran 7

Hasil Perhitungan jumlah sel spermatogonium pada 10 Tubulus Seminiferus
Rattus Norwegicus setelah perlakuan

Perlakuan	Tubulus Seminiferus										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Po-1	55	57	58	59	47	60	54	48	61	57	55.6
Po-2	68	56	54	52	64	56	57	60	57	54	57.8
Po-3	55	48	55	47	59	56	54	63	60	47	54.4
Po-4	54	47	52	58	49	60	47	57	61	47	53.2
Po-5	53	49	62	55	46	56	50	65	64	58	55.8
P1-1	42	44	47	50	37	46	48	54	50	37	45.5
P1-2	41	46	36	51	40	41	39	41	37	40	41.2
P1-3	40	35	42	43	52	47	41	39	40	55	43.4
P1-4	36	42	46	45	54	38	41	50	48	48	44.8
P1-5	51	44	54	48	52	55	49	35	47	37	47.2
P1-6	47	44	36	46	40	50	48	47	52	39	44.9
P1-7	44	51	55	46	48	47	39	53	39	38	46
P1-8	50	41	52	47	39	38	35	55	43	44	44.4
P1-9	43	42	45	34	35	39	41	47	46	47	41.9
P1-10	44	46	47	52	55	46	33	39	51	37	45
P2-1	32	31	30	36	25	29	23	26	32	35	29.9
P2-2	37	39	26	30	32	34	37	36	38	32	34.1
P2-3	34	35	35	40	27	31	25	32	29	30	31.8
P2-4	27	34	23	31	35	41	34	28	37	38	32.8
P2-5	34	36	40	38	35	34	33	37	28	31	34.6
P2-6	35	31	27	40	35	31	39	36	35	37	34.6
P2-7	34	38	41	37	30	27	23	31	25	34	32
P2-8	36	32	40	26	35	39	31	27	32	27	32.5
P2-9	38	37	29	35	35	34	31	35	36	36	34.6
P2-10	28	32	35	21	30	37	40	30	26	22	30.1

Lampiran 8

Hasil Perhitungan jumlah spermatisit primer pada 10 Tubulus Seminiferus
Rattus Norwegicus setelah perlakuan

Perlakuan	Tubulus Seminiferus										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Po-1	78	72	71	84	67	90	81	76	82	92	79.3
Po-2	90	88	72	87	76	70	85	81	73	64	78.6
Po-3	93	66	83	89	90	74	95	79	76	88	83.3
Po-4	80	74	89	94	89	81	71	91	97	84	85
Po-5	60	85	95	79	70	78	91	97	99	97	85.1
P1-1	60	61	44	47	70	71	80	62	49	65	60.9
P1-2	60	65	55	70	48	63	62	74	53	47	59.7
P1-3	73	81	54	62	72	56	55	59	77	68	65.7
P1-4	70	66	59	58	85	77	85	51	84	72	70.7
P1-5	75	69	76	81	61	47	87	75	50	56	67.7
P1-6	69	80	59	56	55	83	68	73	65	61	66.9
P1-7	50	69	84	84	58	59	65	61	89	80	69.9
P1-8	71	45	60	60	87	69	55	70	56	69	64.2
P1-9	66	45	51	82	65	75	81	80	74	51	67
P1-10	55	62	59	53	68	43	48	65	72	52	57.7
P2-1	45	35	35	48	37	38	53	40	39	38	40.8
P2-2	45	51	53	50	48	58	47	38	56	43	51
P2-3	43	58	43	50	41	60	39	44	47	51	47.6
P2-4	58	39	71	45	44	57	55	35	44	58	50.6
P2-5	51	36	47	48	52	51	34	48	69	35	47.1
P2-6	50	35	38	55	72	43	54	49	55	48	49.9
P2-7	38	46	53	59	44	70	55	65	56	52	53.8
P2-8	48	58	59	38	43	50	68	55	48	38	50.5
P2-9	75	40	54	48	61	59	45	49	50	37	51.8
P2-10	76	65	48	40	66	41	50	38	39	49	51.2

Lampiran 9

Hasil Perhitungan jumlah spermatid pada 10 Tubulus Seminiferus
Rattus Norwegicus setelah perlakuan

Perlakuan	Tubulus Seminiferus										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Po-1	140	182	146	168	157	130	135	139	174	149	152
Po-2	160	180	120	126	170	150	174	145	138	168	153.1
Po-3	158	141	183	191	159	133	126	147	143	187	156.8
Po-4	180	145	184	163	155	201	151	154	126	137	159.6
Po-5	123	122	135	147	171	175	149	189	166	203	158
P1-1	108	91	120	127	138	113	95	106	90	125	111.3
P1-2	121	107	97	119	110	104	99	134	99	96	108.6
P1-3	134	119	128	109	102	120	113	98	137	125	118.5
P1-4	143	145	95	156	163	130	171	123	169	100	139.5
P1-5	133	124	143	155	162	131	143	163	105	107	136.6
P1-6	145	123	126	126	132	137	127	115	109	121	126.1
P1-7	90	161	173	139	130	169	141	127	106	167	140.3
P1-8	156	137	110	124	108	157	99	107	103	183	128.4
P1-9	122	121	170	108	132	124	157	108	128	127	129.7
P1-10	147	103	124	111	160	89	108	144	129	96	121.1
P2-1	60	75	78	80	71	67	93	79	100	92	79.5
P2-2	87	91	61	88	77	75	91	102	97	119	88.8
P2-3	106	89	84	91	112	79	80	105	95	120	96.1
P2-4	101	89	102	96	108	99	107	76	114	38	93
P2-5	71	91	88	104	93	99	89	75	110	110	93
P2-6	88	100	97	94	110	110	97	94	102	105	99.7
P2-7	69	72	70	103	85	125	108	98	68	77	87.5
P2-8	95	121	132	105	81	114	140	94	76	84	104.2
P2-9	91	71	87	121	103	84	87	76	97	123	94
P2-10	125	118	106	119	103	99	97	100	80	98	104.5

Lampiran 10

Penghitungan Dosis Paparan

Kuat medan listrik (E, V/m)

Untuk Po

Medan Listrik (E)	$Dl = Ed \times td + Eh \times th$	Hlm Kandang	
	$= 2.952 \text{ kVjam/m}$	Po	P2

Medan Magnet (H)	$Dm = Hd \times td + Hh \times th$	P1	P2
	$= 24.34 \text{ Ajam/m}$	2.175	2.175

Untuk P1

Medan Listrik (E)	$Dl = Ed \times td + Eh \times th$	P1	P2
	$= 909.7 \text{ kVjam/m}$	1.965	1.965

Medan Magnet (H)	$Dm = Hd \times td + Hh \times th$	P1	P2
	$= 614.6 \text{ Ajam/m}$	1.955	1.955

Untuk P2

Medan Listrik (E)	$Dl = Ed \times td + Eh \times th$	Hlm Kandang	
	$= 1732 \text{ kVjam/m}$	Po	P2

Medan Magnet (H)	$Dm = Hd \times td + Hh \times th$	P1	P2
	$= 1206 \text{ Ajam/m}$	0.9025	0.8025

Keterangan :

- Ed = Kuat Medan Listrik dalam kandang
- Eh = Kuat Medan Listrik halaman kandang
- Hd = Kuat Medan Magnet dalam kandang
- Hh = Kuat Medan Magnet halaman kandang
- td = Waktu dalam kandang
- th = Waktu halaman kandang

Lampiran 12

LAMA PAPARAN

Hari ke-	PERLAKUAN I (P1)				PERLAKUAN II (P2)			
	Dim.Kandang		Hlm. Kandang		Dim.Kandang		Hlm. Kandang	
	Jam	Menit	Jam	Menit	Jam	Menit	Jam	Menit
1	11	25	12	35	11	25	12	35
2	14	45	9	5	14	45	9	5
3	15	15	7	45	15	15	7	45
4	24	0	0	0	24	0	0	0
5	13	60	10	40	13	60	10	40
6	24	0	0	0	24	0	0	0
7	24	0	0	0	24	0	0	0
8	17	30	6	30	17	30	6	30
9	12	0	12	0	12	0	12	0
10	11	5	12	55	11	5	12	55
11	14	20	9	40	14	20	9	40
12	16	15	7	45	16	15	7	45
13	23	15	0	45	23	15	0	45
14	14	0	10	0	14	0	10	0
15	24	0	0	0	24	0	0	0
16	24	0	0	0	24	0	0	0
17	17	30	6	30	17	30	6	30
18	12	0	12	0	12	0	12	0
19	16	0	8	0	16	0	8	0
20	12	30	11	30	12	30	11	30
21	16	50	7	10	16	50	7	10
22	15	5	8	55	15	5	8	55
23	12	45	11	15	12	45	11	15
24	21	0	3	0	21	0	3	0
25	22	0	2	0	22	0	2	0
26	18	50	5	10	18	50	5	10
27	11	45	12	15	11	45	12	15
28	18	5	5	55	18	5	5	55
29	19	0	5	0	19	0	5	0
30					21	0	3	0
31					18	45	5	15
32					16	0	8	0
33					20	25	3	35
34					24	0	0	0
35					12	0	12	0
36					12	0	12	0
37					15	30	8	30
38					14	15	9	45
39					21	30	2	30
40					22	0	2	0
41					24	0	0	0
42					24	0	0	0
43					16	0	8	0
44					20	30	3	30
45					20	0	4	0
46					20	0	4	0
47					21	0	3	0
48					18	30	5	30
49					15	0	9	0
50					16	0	8	0
51					19	15	4	45
52					24	0	0	0
53					21	0	3	0
54					16	0	8	0
55					21	0	3	0
56					24	0	0	0
57					20	0	4	0
Total (jam) =	497.167		198.333		1034.833		332.667	