

SKRIPSI :

JULIUS TUJUDINNOOR

**PENGARUH RADIASI SINAR X TERHADAP
PERUBAHAN HISTOLOGI TESTES MENCIT**



**FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
1987**

PENGARUH RADIASI SINAR X TERHADAP PERUBAHAN
HISTOLOGI TESTES MENCIT

SKRIPSI

DISERAHKAN KEPADA FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA UNTUK MEMENUHI
SEBAGIAN SYARAT UNTUK MEMPEROLEH
GELAR DOKTER HEWAN

Oleh :

JULIUS TUJUDINNOOR

MANADO - SUL UT



(Prof. Dr. Soehartojo H. M.Sc.)

Pembimbing Utama



(Drh. Hermawan Koeswadji)

Pembimbing ke dua

FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN

UNIVERSITAS AIRLANGGA

SURABAYA

1987

PENGARUH RADIASI SINAR X TERHADAP PERUBAHAN
HISTOLOGI TESTES MENCIT

Oleh

Julius Tujudinnoor

068110574

Karya ilmiah ini telah disetujui dan disidangkan di-
hadapan Komisi Ujian Dokter Hewan pada tanggal 13 Juni 1987,
dengan susunan Komisi Penguji sebagai berikut :

- Ketua : Prof. Dr. Soehartojo Hardjopranjoto M.Sc.
Sekretaris : Drh. Mustahdi Surjoatmodjo M.Sc.
Anggota : Prof. Dr. Soehartojo Hardjopranjoto M.Sc.
Drh. Hermawan Koeswadji.
Dr. Drh. R. Tatang Santanu Adikara M.S.
Drh. M. Moenif M.S.
Drh. Agustinus Wiryono.

Setelah mempelajari dan menguji dengan sungguh -
sungguh, kami berpendapat bahwa tulisan ini baik scope
maupun kualitasnya dapat diajukan sebagai skripsi untuk
memperoleh gelar DOKTER HEWAN.


Panitia Penguji :


(Prof. Dr. Soehartojo H. M.Sc.)

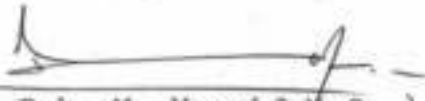
Ketua


(Drh. Mustahdi S. M.Sc.)

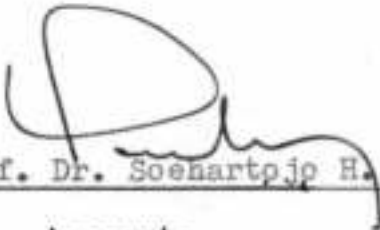
sekretaris


(Drh. Hermawan Koeswadji)


Anggauta


(Drh. M. Moenif W.S.)

Anggauta


(Prof. Dr. Soehartojo H. M.Sc.)

Anggauta


(Dr. R. Tatang S.A. M.S.)

Anggauta


(Drh. Agustinus Wiryono)

Anggauta

Tulisan ini kupersembahkan buat ibuku
dr. Ailyse G. Palar Ph.D. serta adikku
Mathilda dan Rida.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa akan segala rahmat dan hidayah Nya, yang telah memberi jalan pikiran pada penulis sehingga penyusunan skripsi ini dapat terwujud. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu tugas kurikuler untuk menempuh ujian Dokter Hewan di Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga Surabaya.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya dan rasa terima kasih kepada dosen pembimbing Bapak Prof. Dr. Soehartojo Hardjopranjoto M.Sc. Ketua Jurusan Reproduksi Hewan Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga dan Bapak Drh. Hermawan Koeswadji Kepala Laboratorium Diagnostik Klinik dan Radiologi Veteriner Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga, yang dengan kesabaran hati telah memberikan bimbingan, petunjuk serta nasehat-nasehat yang berharga.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Bapak dr. Karjadi Wirjoatmodjo Direktur R.S.U. DR. SUTOMO Surabaya, Bapak dr. Benny Huwae Kepala Unit Pelayanan Fungsional Radiologi R.S.U. DR. SUTOMO, Bapak dr. H.R.H. Sandy Staf Unit Pelayanan Fungsional Radiologi R.S.U. DR. SUTOMO, Bapak dr. I.A. Ferdinandus Kepala Laboratorium Histologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga beserta staf, Bapak Drh. M. Moenif M.S. Kepala Laboratorium Patologi Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga beserta staf, yang dalam kesibukan sehari-harinya masih berkenan menyisihkan waktunya untuk

memberikan bimbingan serta telah memberikan fasilitas penelitian hingga tersusunnya skripsi ini.

Penulis juga tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada seluruh staf pengajar F.K.H. Unair, yang telah membimbing dan mendidik penulis selama menuntut ilmu di F.K.H. Unair. Demikian pula kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam kelancaran penyusunan skripsi ini, penulis ucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya.

Penulis menyadari karena terbatasnya kemampuan, waktu serta biaya, tentunya masih banyak kekurangan-kekurangannya, maka demi kesempurnaan penulisan skripsi ini dengan senang hati penulis menerima kritik maupun saran.

Semoga tulisan skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan Ilmu Kedokteran Hewan pada umumnya dan Radiologi Veteriner pada khususnya. Demikian pula bagi yang membaca dan memerlukannya.

Surabaya, Juni 1987

Penulis

D A F T A R I S I

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Permasalahan	1
1.2. Permasalahan	4
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Manfaat Penelitian	5
1.5. Hipotesa Penelitian	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Sinar X	6
2.2. Besaran dan Satuan Dosis	13
2.3. Produksi Sinar X	14
2.4. Gambaran Umum Testes	18
2.5. Histologi dari Testes	20
2.6. Pengaruh Radiasi Sinar X Terhadap Testes	31
BAB III. MATERI DAN METODE PENELITIAN	37
3.1. Materi Penelitian	37
3.1.1. Hewan Percobaan	37
3.1.2. Bahan Penelitian	37
3.1.3. Alat Penelitian	38
3.2. Metode Penelitian	39
3.2.1. Persiapan	39

	Halaman
3.2.2. Pemberian Sinar X	40
3.2.3. Pembuatan Preparat Histologi ...	42
3.3. Analisa Data	48
BAB IV. HASIL PENELITIAN	49
4.1. Diameter tubulus seminiferus	49
4.2. Jumlah sel spermatogonium pada tu- bulus seminiferus	51
4.3. Jumlah sel spermatosit I dan II pada tubulus seminiferus	53
4.4. Jumlah sel spermatid pada tubulus seminiferus	55
4.5. Jumlah sel spermatozoa pada tubulus seminiferus	58
BAB V. PEMBAHASAN	61
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	78
BAB VII. RINGKASAN	80
DAFTAR PUSTAKA	82

D A F T A R T A B E L

Tabel	Halaman
1. Ringkasan hasil penelitian terdahulu tentang pengaruh radiasi sinar X terhadap testes pada berbagai hewan	36
2. Hasil pengukuran diameter tubulus seminiferus dari testes mencit kelompok 1 sampai kelompok 5	50
3. Hasil perhitungan sel spermatogonium pada tubulus seminiferus dari testes mencit kelompok 1 sampai kelompok 5	52
4. Hasil perhitungan sel spermatisit I dan II pada tubulus seminiferus dari testes mencit kelompok 1 sampai kelompok 5	54
5. Hasil perhitungan sel spermatid pada tubulus seminiferus dari testes mencit kelompok 1 sampai kelompok 5	56
6. Hasil perhitungan sel spermatozoa pada tubulus seminiferus dari testes mencit kelompok 1 sampai kelompok 5	58
7. Hasil pengamatan pengaruh pemberian sinar X pada beberapa tingkatan dosis tunggal terhadap perubahan histologi testes mencit	60

D A F T A R G A M B A R

Gambar	Halaman
1 Tabung sinar X tipe anoda statis	15
2 Tabung sinar X tipe anoda rotasi	15
3 Prinsip produksi sinar X	16
4 Potongan melintang tubulus seminiferus beserta sel germinatif dan jaringan in- terstitialnya	24
5 Proses spermatogenesis pada tikus	27
6 Tahapan siklus epitel tubulus seminife- rus pada tikus	28
7 Kerusakan DNA akibat radiasi langsung maupun tidak langsung	70
8 Irisan melintang testes mencit kontrol dan dengan pewarnaan H.E. pada perbesaran	
9 100 X dan 400 X	88
10 Irisan melintang testes mencit yang mem- dan peroleh 50 rad sinar X dengan pewarnaan H.E.	
11 pada perbesaran 100 X dan 400 X	89
12 Irisan melintang testes mencit yang mem- dan peroleh 100 rad sinar X dengan pewarnaan H.E.	
13 pada perbesaran 100 X dan 400 X	90
14 Irisan melintang testes mencit yang mem- dan peroleh 150 rad sinar X dengan pewarnaan H.E.	
15 pada perbesaran 100 X dan 400 X	91
16 Irisan melintang testes mencit yang mem- dan peroleh 200 rad sinar X dengan pewarnaan H.E.	
17 pada perbesaran 100 X dan 400 X	92

D A F T A R L A M P I R A N

Lampiran	Halaman
I. Hasil pengukuran diameter tubulus seminiferus dari testes mencit kelompok kontrol sampai kelompok yang memperoleh 200 rad sinar X	93
II. Evaluasi statistik diameter tubulus seminiferus dari testes mencit yang memperoleh 0 rad, 50 rad, 100 rad, 150 rad dan 200 rad sinar X	95
III. Hasil perhitungan sel spermatogonium pada tubulus seminiferus dari testes mencit kelompok kontrol sampai kelompok yang memperoleh 200 rad sinar X	97
IV. Evaluasi statistik jumlah sel spermatogonium pada tubulus seminiferus dari mencit yang memperoleh 0 rad, 50 rad, 100 rad, 150 rad dan 200 rad sinar X	99
V. Hasil perhitungan sel spermatisit I dan II pada tubulus seminiferus dari testes mencit kelompok kontrol sampai kelompok yang memperoleh 200 rad sinar X	101
VI. Evaluasi statistik jumlah sel spermatisit I dan II pada tubulus seminiferus dari mencit yang memperoleh 0 rad, 50 rad, 100 rad, 150 rad dan 200 rad sinar X	103
VII. Hasil perhitungan sel spermatid pada tubulus seminiferus dari testes mencit kelompok kontrol sampai kelompok yang memperoleh 200 rad sinar X	105

Lampiran	Halaman
VIII. Evaluasi statistik jumlah sel spermatid pada tubulus seminiferus dari mencit yang memperoleh 0 rad, 50 rad, 100 rad, 150 rad dan 200 rad sinar X	107
IX. Hasil perhitungan sel spermatozoa pada tubulus seminiferus dari testes mencit kelompok kontrol sampai kelompok yang memperoleh 200 rad sinar X	109
X. Evaluasi statistik jumlah sel spermatozoa pada tubulus seminiferus dari mencit yang memperoleh 0 rad, 50 rad, 100 rad, 150 rad dan 200 rad sinar X	111
XI. Tabel Depth Dose Prosentase (DDP) alat Rontgen LINAC 67	113
XII. Tabel F 5% dan 1%	114
XIII. Tabel Q 5% dan 1%	115

B A B I

P E N D A H U L U A N

1.1. Latar Belakang Permasalahan

Sesuai dengan struktur perekonomian kita, maka pertanian dan peternakan memegang peranan utama, karena sebagian besar penduduk Indonesia mengandalkan pertanian dan peternakan sebagai sumber penghasilan dan penghidupannya, karena itu tidaklah berlebihan bila keberhasilan pembangunan nasional terletak pada keberhasilan pembangunan sektor pertanian dan sub sektor peternakan.

Sementara itu dalam menjalankan pembangunan sub sektor peternakan tentulah diperlukan adanya penerapan-penerapan teknologi maju. Teknologi itu sendiri dihasilkan dan dirumuskan dari hasil-hasil penelitian, maka penelitian dan pengembangan teknologi peternakan menempati posisi yang strategis dalam pembangunan sub sektor peternakan dan selanjutnya dalam pembangunan nasional.

Penerapan teknologi maju dalam bidang peternakan tentu memberikan sumbangan dalam bidang pengembangan ternak sehingga populasi dan mutu genetik ternak dapat ditingkatkan secara teratur setiap tahun, sehingga kebutuhan akan daging, susu dan hasil ternak lainnya akan terpenuhi bagi masyarakat secara merata. Hal ini sejalan dengan pemenuhan kebutuhan protein asal hewani di Indonesia.

Menurut Hutasoit (1984) bahwa dalam Pelita IV kebutuhan baku minimum konsumsi protein rata-rata rakyat In-

Indonesia adalah 45 gram/kapita/hari, dimana 10 gram/kapita/hari diantaranya adalah protein asal hewani. Sementara itu dari 10 gram/kapita/hari, masing-masing 6 gram/kapita/hari adalah protein asal ikan dan 4 gram/kapita/hari protein asal ternak. Sampai tahun 1985 yang lalu, kebutuhan protein hewani yang terpenuhi baru mencapai 2,38 gram/kapita/hari (Anonimus, 1986).

Aplikasi tenaga radiasi dibidang peternakan merupakan salah satu alternatif dalam penggunaan teknologi mutakhir dengan tujuan peningkatan produksi ternak. Energi radiasi memiliki potensi yang begitu menakjubkan dalam kekuatan menghancurkan dan membinasakan peradaban tetapi juga dapat menjadi alat untuk memperbaiki kehidupan manusia. Menurut Satari (1985) aplikasi radiasi pengion dalam bidang peternakan merupakan salah satu pemanfaatan teknologi maju dalam penyediaan data, informasi yang memberi umpan ke depan terhadap pembangunan sub sektor peternakan, misalnya peningkatan efisiensi penggunaan makanan ternak dan pengawetan bahan makanan. Menurut Sudarsono (1985) bahwa sinar-sinar radioaktif bila digunakan secara tepat memiliki potensi yang sangat esensial dalam pengembangan cara-cara pembuatan vaksin untuk beberapa penyakit ternak.

Morgan dan Whelan (1979) menyatakan bahwa radiasi pengion dapat dimanfaatkan dalam rekayasa genetika untuk mendapatkan mutan-mutan gen atau strain baru yang mempunyai sifat unggul. Untuk itu kemudian perlu dibuat rekombinasi DNA, guna memperoleh manfaat seperti yang dikehendaki. Lain

lagi yang dikatakan oleh Kaetsu dan Kumakura (1984) bahwa radiasi pengion dapat dimanfaatkan dalam pengolahan limbah selulosa, karena lewat radiasi pengion bahan tersebut menjadi lebih mudah dicerna oleh ternak yang memakannya; Selain itu radiasi pengion juga dapat membinasakan mikroorganisme dan serangga perusak bahan makanan, sedang menurut Sofyan (1985), radiasi pengion dapat dimanfaatkan untuk sterilisasi alat-alat kedokteran.

Pesatnya kemajuan teknologi, khususnya teknologi radiasi telah berhasil menciptakan berbagai peralatan radiasi dan radioisotop yang bermanfaat sekali di dalam dunia kedokteran. Menurut Hanafiah (1985), zat-zat pemancar radioaktif dapat dimanfaatkan dalam bidang kedokteran karena memberikan aspek diagnostik. Dalam hal tersebut dapat dilakukan pemeriksaan fungsi dan visualisasi beberapa organ tubuh dengan cepat, serta penentuan beberapa bahan yang terdapat dalam jumlah kecil di dalam cairan biologis, juga beberapa aplikasi lainnya dalam bidang endokrinologi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Havesy, yang dikutip oleh Suyitno (1985) bahwa di dalam tubuh organisme hidup, suatu unsur radioaktif akan mempunyai nasib dan kelakuan seperti unsur analognya, baik secara faali maupun biokimiawi. Adapun menurut Ilyas (1979), saat ini jumlah pemeriksaan rontgen, kedokteran nuklir dan pengobatan radioterapi terus meningkat. Kenaikan ini secara nasional ditaksir kira-kira 10 % setahun. Tidak mengherankan, bahwa dalam 10 tahun terakhir ini jumlah peralatan rontgen meningkat dengan

pesat, maka dengan sendirinya segi-segi bahaya radiasi dan perlindungan terhadap bahaya tersebut perlu diperhatikan.

Mengingat testes merupakan organ satu-satunya yang mampu menghasilkan sel-sel kelamin jantan yang sangat penting untuk reproduksi, maka bilamana ada gangguan terhadap testes menyebabkan juga penurunan fertilitasnya. Hal tersebut penting sekali artinya bagi manusia demi kesinambungan keturunannya, sedang di bidang peternakan erat sekali hubungannya dengan peningkatan populasi dan penyediaan protein hewani. Menurut Jubb dan Kennedy (1970) bahwa testes termasuk salah satu organ yang sangat peka terhadap radiasi, sehingga bila radiasi mengenainya baik sengaja maupun tidak, akan menimbulkan gangguan fertilitas manusia dan hewan yang dikenainya.

1.2. Permasalahan

Mengingat akan pentingnya peranan energi radiasi sebagai alat yang harus dikembangkan dalam bidang peternakan dan kedokteran hewan untuk mencapai tujuan pembangunan nasional yang kita cita-citakan serta menyadari akan masih belum tercapainya hasil-hasil aplikasi energi radiasi di bidang peternakan dan kedokteran hewan serta mengingat masih kurangnya penelitian-penelitian mengenai pengaruh radiasi terhadap alat reproduksi di Indonesia, maka masalah penelitian masih perlu dilakukan. Bertolak dari keterangan diatas, penulis tertarik untuk meneliti, seberapa jauh pengaruh pemberian radiasi sinar X terhadap testes mencit bila diberikan secara dosis tunggal.

1.3. Tujuan Penelitian.

Adapun yang menjadi tujuan dalam penelitian ini adalah untuk melihat perbedaan gambaran histologi dari masing-masing testes, dengan membandingkan antara testes mencit normal dengan testes mencit yang diradiasi dengan sinar X, terutama mengenai perubahan diameter tubulus seminiferus beserta sel-sel germinatifnya, sekaligus ingin pula mengetahui sel germinatif mana yang paling resisten dan yang paling peka dari pengaruh radiasi sinar X.

1.4. Manfaat Penelitian.

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat melengkapi informasi yang telah ada tentang pengaruh radiasi sinar X terhadap alat reproduksi jantan, sehingga dari informasi ini nantinya dapat digunakan sebagai masukan guna penentuan langkah-langkah selanjutnya dalam pemanfaatan energi radiasi di bidang peternakan dan kedokteran, sehingga bahaya radiasi terhadap manusia maupun hewan dapat dicegah.

1.5. Hipotesa Penelitian.

Pada penelitian ini diajukan suatu hipotesa alternatif yaitu terdapat pengaruh pemberian radiasi pada seluruh tubuh mencit jantan pada dosis 0 rad, 50 rad, 100 rad, 150 rad dan 200 rad terhadap perubahan diameter tubulus seminiferus beserta jumlah masing-masing sel germinatif yang terdapat di dalam tubulus tersebut.

B A B II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sinar X

Sinar X pertama kali ditemukan oleh Wilhelm Conrad Rontgen ditahun 1895 ketika ia mempelajari nyala gas dengan menggunakan tabung sinar katoda. Rontgen mendapatkan bahwa garam barium, menyala atau berflouresensi bila didekatkan pada tabung sinar katoda tersebut, walaupun tabung tidak mengeluarkan sinar tampak. Flouresensi tetap terjadi walaupun tabung sinar katoda dibungkus dengan kardus hitam. Rontgen segera menyimpulkan bahwa penyebab flouresensi ini berasal dari titik dimana berkas elektron yang dipercepat oleh medan listrik menumbuk dinding gelas tabung. Oleh karena masih belum dikenal, maka sinar ini dinamakan sinar X (Mincler dkk, 1971). Selanjutnya pada tahun 1899 Hage dan Wind telah melakukan percobaan defraksi sinar X menyimpulkan bahwa sinar X merupakan suatu gelombang yang memiliki panjang sekitar 10 Angstrom sampai 1/10.000 Angstrom, sedang menurut Barkla ditahun 1906, sinar X adalah gelombang transversal, karena dapat dipolarisasikan dengan menghamburkannya pada berbagai bahan (Sutrisno, 1983).

Pada saat sekarang hakekat sinar X sudah jelas diketahui orang, bahwa sinar X adalah gelombang elektromagnetik seperti halnya cahaya tampak, hanya panjang gelombangnya sekitar 10 Angstrom sampai 1/10.000 Angstrom dan

bergerak menurut garis lurus dengan kecepatan sama dengan kecepatan cahaya (sekitar 3×10^{10} Cm/detik) serta tidak bermuatan listrik sehingga tidak dapat dibelokan oleh medan magnet (Pizzaro dan Witkowski, 1967).

Sinar X mempunyai daya tembus yang besar pada semua bahan yang dikenainya. Adapun daya tembus tersebut tergantung dari nomer atom, kepadatan dan tebalnya bahan yang di tembusnya. Makin rendah nomer atom bahan atau kurangnya kepadatan dan semakin tipisnya suatu bahan, maka makin besar daya tembus sinar X terhadapnya. Selain itu sinar X juga mempunyai kemampuan mengionkan materi yang dikenainya, sebab energi yang dimiliki sinar X dapat mengeluarkan elektron dari suatu atom bahan yang dikenainya, sehingga atom yang semula netral akan berubah menjadi bermuatan listrik. Mengingat bahwa ion lebih mudah bereaksi secara kimiawi daripada atom netral maka ion tersebut berusaha keras untuk mengikatkan diri pada atom-atom atau molekul-molekul disekitarnya. Dengan demikian maka molekul-molekul tersebut akan mengalami perubahan struktur. Apabila molekul-molekul tersebut kepunyaan makhluk hidup maka perubahannya akan mengacaukan fungsinya dalam proses kehidupan makhluk tersebut (Mincler dkk, 1971).

Jenis organisme yang berbeda mempunyai kepekaan terhadap radiasi yang sangat bervariasi satu dengan yang lain. Kepekaan hewan menyusui terhadap radiasi, yang dinyatakan dalam dosis lethal ($LD_{50(30)}$) yaitu daya tahan hidup sebanyak 50 % dari jumlah hewan yang diradiasi sampai 30 ha-

ri setelah penyinaran dilakukan, pada seluruh tubuh hewan. Namun nilai $LD_{50(30)}$ pada beberapa hewan bervariasi, yaitu 155 rad untuk domba, 195 rad untuk babi, 230 rad untuk kambing, 265 rad untuk anjing, 398 rad untuk kera, 400 rad untuk marmot, 840 rad untuk kelinci dan 900 rad untuk tikus besar (Bond dan Sugihara, 1969), sedang nilai perkiraan $LD_{50(30)}$ bagi manusia yang terbaik ialah sekitar 500 rad paparan pada seluruh tubuh (IAEA, 1968).

Pada hakekatnya pengaruh radiasi sinar X tergantung daripada energi sinar X yang diserap oleh bahan yang dikenainya. Adapun penyerapan sinar X oleh bahan tergantung berat atomnya dan kepadatannya, makin tinggi berat atom dan kepadatan suatu bahan, makin besar penyerapannya. Ini merupakan sifat dasar dalam usaha memperoleh gambar radiologi, karena tulang yang mengandung kadar kalsium tinggi menyerap sinar lebih banyak daripada kulit dan otot yang mempunyai kadar kalsium rendah, sedang bahan lain seperti karbon, nitrogen dan hidrogen mempunyai berat atom lebih rendah dan karenanya tidak akan terlalu mempengaruhi penyerapan (Simon, 1981).

Perubahan yang diakibatkan radiasi pada suatu bahan diawali dengan terjadinya interaksi radiasi dengan bahan. Pada interaksi ini, sejumlah energi radiasi diserap. Jumlah energi radiasi yang diserap tiap satuan panjang jejak radiasi dalam bahan disebut pemindahan energi linear atau LET (linear energy transfer). Akibat penyerapan energi radiasi terjadi berbagai peristiwa yang menyebabkan mole-

kul bahan terionisasi dan/atau tereksitasi, yang kemudian dapat berinteraksi sesamanya atau mengadakan penguraian kembali (Cipolallaro dan Crossland, 1967).

Dalam keadaan normal, sebuah atom bermuatan listrik netral karena muatan positif inti mengimbangi muatan negatif elektron-elektron yang ada pada kulit mengelilinginya. Apabila salah satu dari elektron keluar dari atom akibat pengaruh energi sinar X, yang mengalahkan tenaga pengikatnya, maka keseimbangannya akan terganggu, karena atom tersebut sekarang kelebihan muatan positif dan disebut ion positif, sedang elektron yang keluar akan bergabung dengan atom normal lainnya membentuk ion negatif. Proses pembentukan ion positif dan ion negatif ini disebut proses ionisasi. Tetapi apabila energi pengion hanya cukup mengeluarkan elektron pada kulit terluar untuk berpindah sementara waktu ke kulit yang agak jauh sedikit dari kulit normalnya, kemudian kembali lagi ke kulit normalnya sambil memancarkan tenaga dalam bentuk foton, maka peristiwa ini disebut proses eksitasi (Clarke dan Clarke, 1975). Ionisasi penting sekali untuk diketahui karena melalui proses ini, jaringan tubuh terjadi kelainan atau kerusakan pada sel-sel dan jaringan yang dinamakan efek biologik. Tidak semua radiasi menimbulkan ionisasi. Radiasi sinar ultra violet, sinar infra merah tidak menimbulkan ionisasi. Adapun jenis radiasi yang dapat menimbulkan ionisasi ialah sinar X, sinar gamma, sinar beta (elektron), sinar alfa, neutron dan proton (Radeleff, 1970).

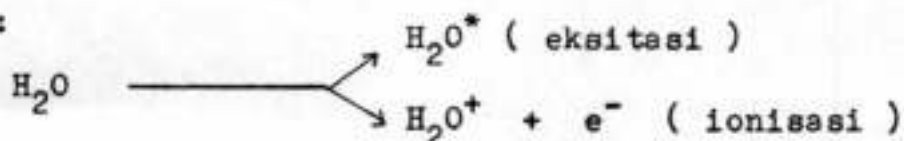
Nickon dan Bane (1979) menyatakan, pengaruh radiasi pengion terhadap jaringan tubuh tergantung pada dosis dan lamanya waktu radiasi yang mengenainya.

Menurut Jubb dan Kennedy (1970) bahwa respon berbagai jaringan terhadap radiasi tidak sama, hal ini tergantung dari jenis jaringan yang dikenainya. Respon yang berlainan ini dinamakan kepekaan jaringan terhadap radiasi. Sementara itu beberapa peneliti telah mencoba menerangkan perbedaan kepekaan jaringan terhadap radiasi ini. Suatu pernyataan yang telah diterima umum adalah pendapat yang dikemukakan oleh Bergonie dan Tribondeau yang dikutip oleh Garner (1967) bahwa kepekaan suatu sel terhadap radiasi tergantung dari tingkatan difrensiasi sel tersebut. Sel yang membelah diri dengan cepat umumnya lebih peka dari pada sel yang membelah diri lambat atau mempunyai laju mitosis rendah. Jadi semakin aktif suatu sel berproliferasi semakin peka pula sel itu terhadap radiasi.

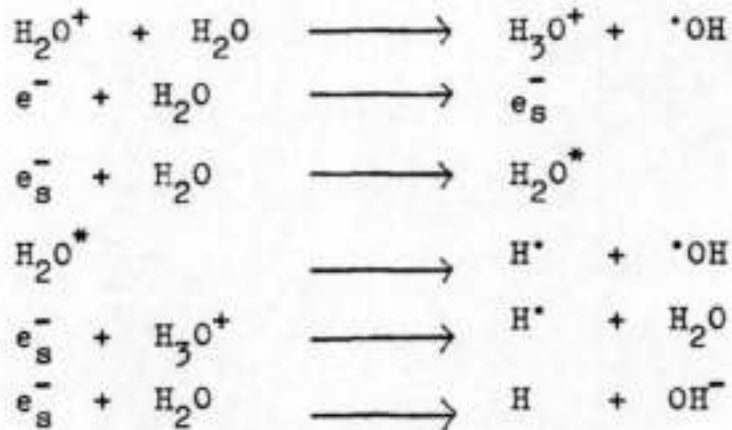
Cipolallaro dan Crossland (1967) mengemukakan bahwa kepekaan sel terhadap radiasi bergantung pada kandungan oksigen dalam jaringannya. Jaringan organisme tertentu mengandung oksigen bebas dalam kandungan lebih rendah dari pada jaringan organisme lain, sehingga dalam proses efek tak langsung radiasi pada jaringan tersebut terdapat ketahanan yang tidak sama. Adapun menurut hasil penelitian Mortimer yang dikutip oleh Suhadi (1976), terlihat adanya perbedaan kepekaan terhadap radiasi pengion pada sel ragi antara tingkat-tingkat fase haploid (n) dan diploid ($2n$).

serta antara tetraploid (4 n) dengan hexaploid (8 n), sehingga dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa kepekaan sel terhadap radiasi bergantung kepada jumlah DNA nya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Casarett (1968) tentang teori target. Teori ini menyatakan bahwa didalam sistim biologi molekuler DNA merupakan target utama yang dipengaruhi radiasi pengion. Namun menurut Oakberg yang dikutip oleh Monesi (1962) bahwa kandungan kromosome dalam sel yang berbeda menyebabkan ketidaksamaan tanggapan sel terhadap radiasi pengion.

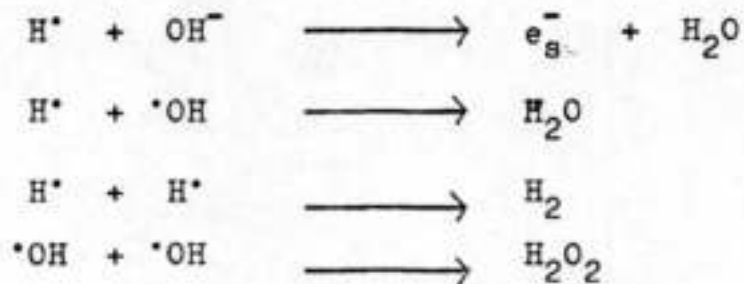
Air mempunyai arti yang sangat penting, karena banyak proses fisiologi dan reaksi kimia didalam sistim kehidupan berada dalam medie air. Apalagi mengingat bahwa medium cair semua protoplasma adalah air, yang terdapat dalam konsentrasi antara 70 sampai 85 %, sehingga bila ada gangguan terhadap air sel menyebabkan gangguan fungsi dari sel tersebut bahkan kematian sel (Guyton, 1976). Sehubungan dengan air sebagai pemegang peranan penting didalam sel, maka bila suatu radiasi pengion mengenai sel tubuh makhluk hidup, hal ini akan menyebabkan diserapnya energi radiasi oleh molekul air membentuk berbagai hasil radiolisis, yang pada peristiwa selanjutnya dapat bereaksi dengan komponen lainnya yang terdapat didalam sel. Peristiwa ini dinamakan pengaruh tidak langsung dari radiasi (Mincler dkk, 1971). Proses tersebut dapat diterangkan sebagai berikut :



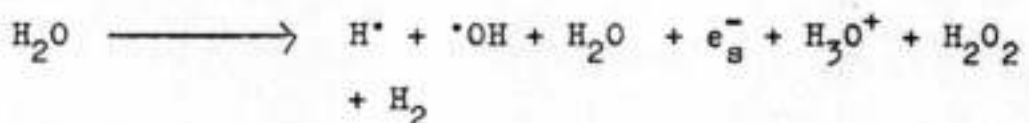
Molekul air yang tereksitasi dan terionisasi, melalui berbagai proses pemindahan energi dan muatan membentuk lagi pasangan ion baru dan radikal.



Radikal yang terbentuk dapat bergabung sesamanya atau berdifusi ke seluruh larutan. Jika bergabung, maka reaksi yang mungkin terjadi akan memberikan hasil molekul sebagai berikut :



Jadi reaksi penguraian air oleh sinar X adalah :



Radikal hidroksil ($\cdot\text{OH}$) mempunyai daya oksidasi yang cukup kuat, sehingga sanggup mengoksidasi ion tertentu misalnya fero menjadi feri, selain itu ia dapat pula menarik atom H dari ikatan C-H senyawa alifatik seperti

karbohidrat dan asam amino, sedang radikal atom hidrogen (H^{\bullet}) yang terbentuk pada radiolisis air, umumnya relatif sedikit. Radikal H^{\bullet} ini dapat bereaksi dengan asam amino sehingga terjadi perubahan pada molekul asam amino dalam jumlah yang cukup banyak (Mincler dkk., 1971).

2.2. Besaran dan Satuan Dosis.

Untuk dapat membahas tingkat bahaya radiasi secara kuantitatif diperlukan adanya konsep besaran dosis radiasi yang dikaitkan dengan banyaknya energi yang diserap oleh bahan yang dilaluinya. Dalam keselamatan terhadap bahaya radiasi pengion maka International Commission on Radiological Units (ICRU) telah menentukan 3 macam besaran dosis yaitu :

- a. Nilai penyinaran (exposure), yaitu kemampuan radiasi tertentu (sinar X) untuk menimbulkan ionisasi pada medium tertentu. Besaran ini mempunyai satuan yang disebut Rontgen (R), yang didefinisikan sebagai :

$$1 R = 2,58 \times 10^{-4} \text{ Coulomb/kilogram (satuan Internasional = SI)}.$$
- b. Dosis serap (absorb dose), yaitu jumlah energi radiasi (semua radiasi pengion) yang diserap persatuan massa/berat badan atau medium yang dilaluinya. Satuannya ialah Rad (radiation absorbed dose) yang didefinisikan sebagai : $1 \text{ Rad} = 100 \text{ erg/gram}$. Dalam sistim SI, satuan dosis serap ialah Gray (G_y), dan hubungannya ialah :

$$1 \text{ Gray} = 1 \text{ joule/kg} = 10.000 \text{ erg/gram} \\ = 100 \text{ rad}$$

- c. Dosis setara (equivalent dose), yang menyatakan jumlah energi radiasi yang diserap per satuan massa/berat bahan atau medium yang dilaluinya, sekaligus dikaitkan dengan efek biologiknya. Satuan yang digunakan ialah rem (rontgen equivalent mammalia). Hubungan antara rad dan rem ialah : H (dosis dalam rem) = D (dosis dalam rad) \times RBE.

RBE (Relative Biological Effectiveness) ialah perbandingan dosis sinar X 250 Kilo Volt dengan dosis radiasi lain, yang memberikan efek biologik yang sama. Adapun nilai RBE untuk radiasi sinar X dengan tegangan 0,1 MeV (Mega elektron Volt) sampai 100 MeV adalah 1.

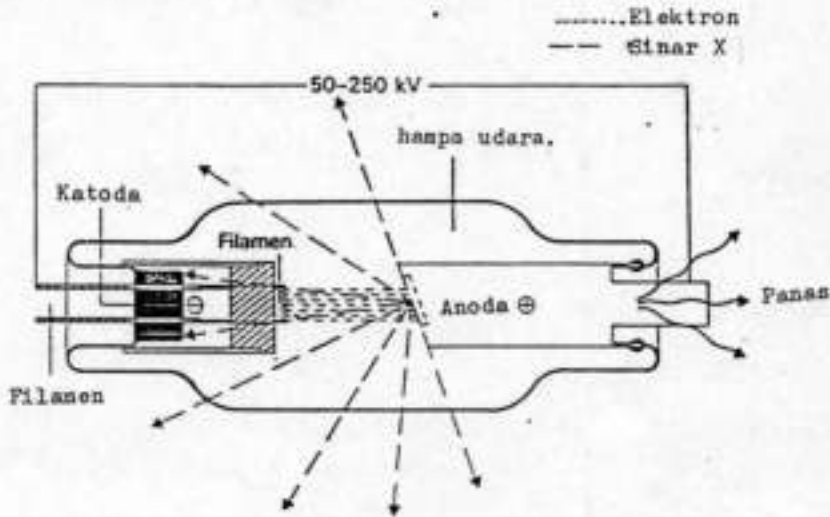
2.3. Produksi Sinar X.

Pada jaman sekarang sinar X dihasilkan dengan tabung sinar X, dengan cara penghentian tiba-tiba gerakan elektron yang dipercepat oleh beda potensial dari kutub katoda dan anoda dalam suatu ruang hampa udara (Chesney, 1984).

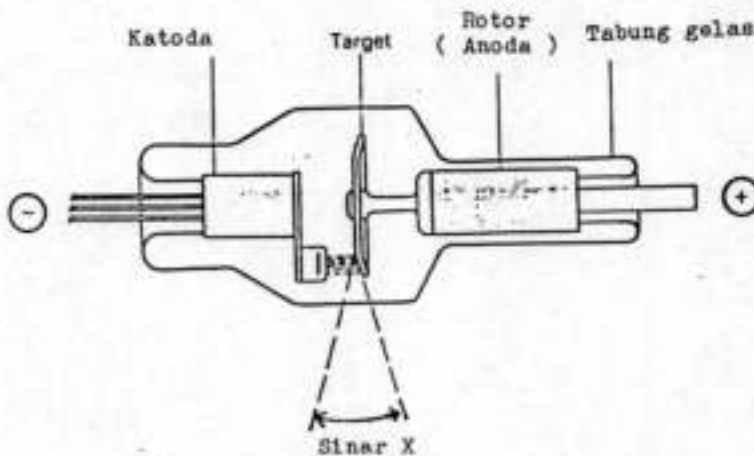
Tabung sinar X ada 2 tipe, yaitu tabung dengan kutub anoda (target) statis dan tabung dengan kutub anoda berputar (rotasi). Adapun keuntungan dari tabung sinar X tipe anoda rotasi, ia memungkinkan untuk melakukan radiografi dengan kecepatan tinggi sehingga mempersingkat

waktu penyinaran, serta memperbesar tegangan (Kilo Volt) juga memperbesar arus (mili ampere) (Chesney, 1984).

Gambaran skematis kedua tipe tabung sinar X tersebut ditunjukkan pada gambar dibawah ini :

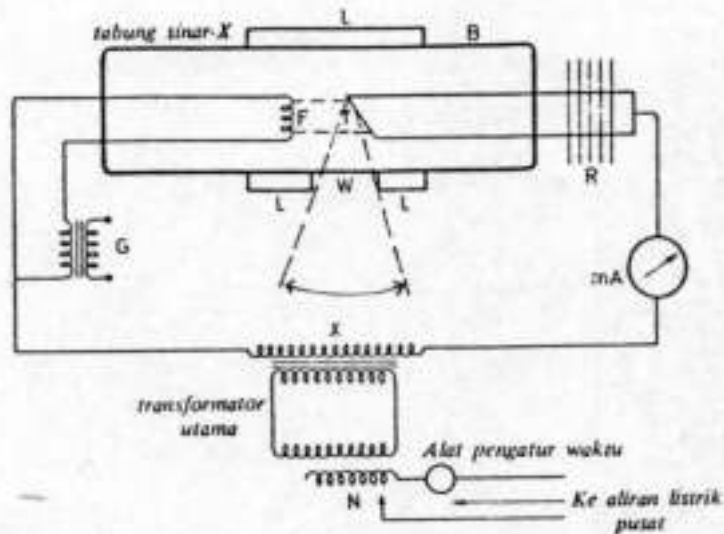


Gambar 1. Tabung sinar X tipe Anoda statis .
(Sumber : Chesney, 1984)



Gambar 2. Tabung sinar X tipe Anoda rotasi.
(Sumber : Chesney, 1984)

Prinsip produksi sinar X dilukiskan pada gambar 3 skematis dibawah ini (Sumber : Simon, 1981).



Pada diagram tampak sebuah tabung gelas silindrik (B) yang telah dibuat hampa udara. Pada satu ujungnya direkatkan dua kawat yang dihubungkan dengan kumparan kawat yang mempunyai tahanan yang tinggi (F sebagai kutub katoda). Ini dapat dipanaskan sampai berpijar dengan mengalirkan listrik yang berasal dari transformator (G). Ini disebut filamen dan bila panas, ia melepaskan elektron. Pada ujung yang lain, merekat di dalam tabung gelas itu terdapat balok tembaga yang pada ujungnya langsung berhadapan dengan filamen, direkatkan sepotong tungsten. Ini adalah sasaran (target T). Bahan target adalah logam dengan suhu leleh tinggi dan bernomer atom tinggi pula. Bahan target ini berlaku sebagai kutub anoda yang potensial positif terhadap kutub katoda. Perisai-perisai dari timbal (L) mencegah keluarnya sinar X dari tabung kecuali melalui sebuah lobang kecil yang sengaja diadakan, yang disebut jendela

(W). Transformator (X), yang menerima aliran listrik bolak balik dari puset yang sesuai, mensikkan potensial tersebut dari sekitar 200 volt menjadi antara 40.000 dan 150.000 volt, bahkan ribuan kilo volt, sedangkan nilai sebenarnya diatur oleh oto-transformator (N). Filamen dan sasaran dihubungkan dengan ujung sekunder dari transformator (X) dan filamen dibuat relatif negatif terhadap sasaran dengan memilih potensial tinggi yang dikehendaki untuk itu. Elektron-elektron yang bermuatan negatif yang dilepaskan oleh filamen panas itu, lalu bergerak dengan kecepatan tinggi ke arah sasaran. Disini elektron-elektron itu mendadak dihentikan pada target tungsten dengan akibat terbentuknya sinar X yang keluar melalui jendela kecil itu (W). Benturan juga menyebabkan panas tinggi pada sasaran ini dilenyapkan dengan radiator pendingin (R). Sebuah alat pengukur arus dalam miliampere (mA), jika dipasang pada sirkuit listrik itu, menunjukkan kuantitas sinar X yang diproduksi, karena besarnya arus yang dialirkan pada filamen katoda berpengaruh langsung terhadap jumlah aliran elektron, sehingga makin besar arus makin banyak pula sinar X yang dihasilkan. Adapun jangka waktu penyinaran dikendalikan oleh alat pengatur waktu, hal ini penting karena makin lama waktu penyinaran, makin banyak pula sinar X yang dihasilkan. (Simon, 1981 ; Sutrisno, 1984).

Menurut Chesney (1984), kualitas sinar X ditentukan sekali oleh tegangan (dalam kilovolt = KV), karena makin tinggi tegangan yang digunakan, makin cepat aliran

elektron dan memperpendek panjang gelombang pada tepi radiasi, sehingga makin besar energi yang dilepaskan serta makin besar daya tembus sinarnya.

2.4. Gambaran Umum Testes.

Testes sebagai alat reproduksi primer pada manusia dan semua hewan mamalia ada sepasang, berbentuk bulat telur atau lonjong dan secara normal berada didalam kantong. Pada golongan hewan pemakan segala (omnivora), carnivora dan primata testes secara permanen menetap didalam kantong scrotum, sedang pada golongan rodensia testes dapat dengan mudah berpindah-pindah dari dalam kantong scrotum ke dalam rongga perut. Hal ini terjadi pada musim kawin dimana testes berada didalam kantong scrotum (Hafez, 1970; Hardjopranojoto, 1981). Scrotum dengan urat daging, jaringan ikat dan kulit luarnya menunjang melindungi testes dan mempertahankan suhu lebih rendah daripada suhu tubuh yang diperlukan untuk pembentukan sperma secara aktif (kurang lebih 7°F dibawah suhu tubuh). Hal ini dilakukan oleh selaput yang ada di scrotum yang disebut tunica dartos, bila keadaan sekeliling panas ia akan mengendor, sedangkan bila keadaan dingin ia mengkerut (Breazile, 1971).

Testes sebagai organ alat kelamin primer mempunyai dua fungsi, pertama berfungsi sebagai organ reproduksi dan kedua sebagai organ endokrinologi. Sebagai organ reproduksi testes menghasilkan sel-sel kelamin jantan didalam tubulus seminiferus atas pengaruh hormon FSH (Follicle Stimulating Hormone), sedangkan sebagai organ endokrinologi testes -

menghasilkan hormon testoteron (oleh sel interstitial) atas pengaruh ICSH (Interstitial Cell Stimulating Hormone). Hormon FSH dan ICSH termasuk hormone gonadotropin yang dihasilkan oleh lobus anterior dari kelenjar hypophyssa (Hafez, 1970 ; Sorensen, 1979 ; Toelihere, 1981). Menurut Smith yang dikutip Hardjopranto (1981) bahwa hypophysectomi yang dilakukan pada hewan yang telah dewasa, dapat mengakibatkan menurunnya produksi hormone gonadotropin dan hal ini mengakibatkan terhentinya proses-proses spermatogenesis, atrofi testes, testis menjadi lunak dan pada beberapa hewan testesnya dapat masuk kedalam rongga abdomen. Sedangkan bila hypophysectomi dilakukan pada hewan muda maka mengakibatkan testesnya gagal tumbuh sampai dewasa dan hewan tersebut menjadi steril.

Testes dapat menggantung didalam kantong scrotum secara bebas dengan bantuan corda spermatica, yang didalamnya mengandung ductus deferens, pembuluh darah dan syaraf. Pada keadaan normal, kedua testes sama besar, mempunyai konsistensi kenyal tetapi tidak keras, dan dapat dengan bebas bergerak keatas dan kebawah scrotum. Epididymis adalah organ yang bentuknya panjang terletak dipermukaan posterior dari testes, membuat kelokan-kelokan pada bagian proximal dari sistim ductus ekskretorius (Junqueira dkk, 1977).

Berat dan ukuran testes sangat bervariasi, hal ini sangat tergantung dari umur, ras, berat badan individu dan kondisi makanan (Partodihardjo, 1980 ; Toelihere, 1981).

Adapun menurut Van Demark dan Branton, yang dikutip oleh Djenuar (1985) bahwa terdapat korelasi yang positif antara berat testes dengan berat badan sapi. Dari 24 ekor sapi jantan dewasa yang diteliti, ternyata berat testes rata-rata adalah 0,104 % dari berat badan. Menurut Cole dan Cupps (1977); Toelihere (1981), berat tiap testes pada sapi berkisar antara 300 sampai 500 gram, domba dan kambing antara 250 sampai 300 gram, babi antara 250 sampai 400 gram, kuda antara 200 sampai 300 gram dan pada tikus besar antara 5 sampai 7 gram.

Testes mengandung pembuluh darah dan syaraf banyak sekali. Syaraf spermatikus interna, berasal dari ganglion posterior mesenterica, berjalan bersama dengan arteri spermatikus didalam chorda spermaticus. Sedangkan arteri spermaticus yang mengalirkan darah ke testes terpisah menjadi cabang-cabang yang membentuk gelungan-gelungan arteri yang berjalan menuju kepermukaan testes. Dari pembuluh darah ini ujung-ujung arteri yang bercabang dan masuk kedalam testes sepanjang mediastinum dan dari sinilah cabang-cabang arteri yang lebih kecil akan menyebar ke lobus-lobus jaringan testes (Harrison, 1949).

2.5. Histologi dari Testes.

Testes merupakan alat reproduksi jantan yang berupa kelenjar, baik bersifat eksokrin maupun endokrin. Sebagai kelenjar eksokrin, testes berbentuk tubuler kompleks yang diselubungi oleh selapis tenunan pengikat yang tipis dan elastis disebut tunica albugenia. Tunica ini mempunyai pe-

nebalan pada bagian posterior yang disebut mediastinum testes. Dari mediastinum ini dilepaskan sekat-sekat berupa selaput tipis yang disebut septula testes. Septula testes ini tidak utuh bentuknya sehingga seringkali terbentuk hubungan antara lobulus-lobulus. Masing-masing lobulus ditempati oleh satu sampai empat gulungan yang amat panjang yang disebut tubulus seminiferus. Tubulus tersebut terbenam dalam selaput jaringan penyambung yang kaya akan pembuluh darah dan syaraf (Bloom dan Fawcett, 1970 ; Junqueira dan Carneiro, 1977 ; Leeson dan Leeson, 1981).

Tubulus seminiferus merupakan bagian dari testes biasanya terdiri dari gelungan-gelungan yang panjang sekali dan mempunyai cabang atau simpul yang menghubungkan antara dua tubuli yang berdekatan. Pada puncak masing-masing lobuli, tubulus seminiferus menjadi lurus yang disebut sebagai tubulus rectus yang merupakan bagian dari sistem ductus ekskretorius, kemudian menuju ke satu arah dan berkumpul menjadi rete testes di mediastinum. Rete testes mengalirkan isinya ke dalam ductus efferentia, masuk ke vasa efferentia yang bersambung di bagian dorsal mediastinum membentuk awal epididymis (Bloom dan Fawcett, 1970 ; Toelihere, 1981). Adapun diameter tubulus seminiferus pada manusia rata-rata 150 mikron sampai 250 mikron dan panjang seluruh tubulus seminiferus pada satu lobulus kurang lebih 250 meter (Junqueira dan Carneiro, 1977 ; Copenhaver dkk., 1978).

Toelihere (1981) mengatakan, pada hewan ternak biasanya mempunyai diameter tubulus seminiferus berkisar antara 0,1 sampai 0,3 mili meter, dan mempunyai panjang kelokan antara 50 sampai 100 sentimeter. Tetapi karena setiap testes mengandung tubulus seminiferus yang banyak maka apabila diluruskan dapat mencapai panjang beberapa kilometer. Sedang menurut Haq, yang dikutip oleh Djanuar (1985) melaporkan bahwa seekor sapi jantan dewasa mempunyai diameter tubulus seminiferus bervariasi diantara 207 sampai 296 mikron dan memperkirakan 80 % dari berat testes seekor sapi jantan dewasa normal terdiri dari tubuli.

Pada potongan testes maka yang tampak adalah bentuk an tubulus yang banyak sekali. Dinding yang ada pada tubulus seminiferus ini terdiri dari tiga lapisan, yaitu dari luar ke dalam tunica propria fibrosa, lamina basalis yang berbatas tegas dan lapisan germinal epitelium. Lapisan tunica propria yang paling dalam terdiri atas sel-sel mieloid yang menyerupai epitel berlapis yang menunjukkan sifat otot polos, sehingga kontraksi lapisan ini berfungsi sebagai alat pengangkut sel mani dari tubulus ke epididymis. Adapun lapisan germinal epitelium terdiri dari dua macam sel yaitu sel spermatogonium dan sel sertoli (Junqueira dan Carneiro, 1977 ; Copenhaver dkk., 1978). Sel sertoli atau sel pendukung mempunyai bentuk yang panjang dan kadang-kadang seperti piramid. Karena sel ini bersifat elastis maka terkadang bentuknya tidak teratur, dan pada pewarnaan dengan Hematoxylin Eosin (HE) dan Periodic Acid Schiff (PAS)

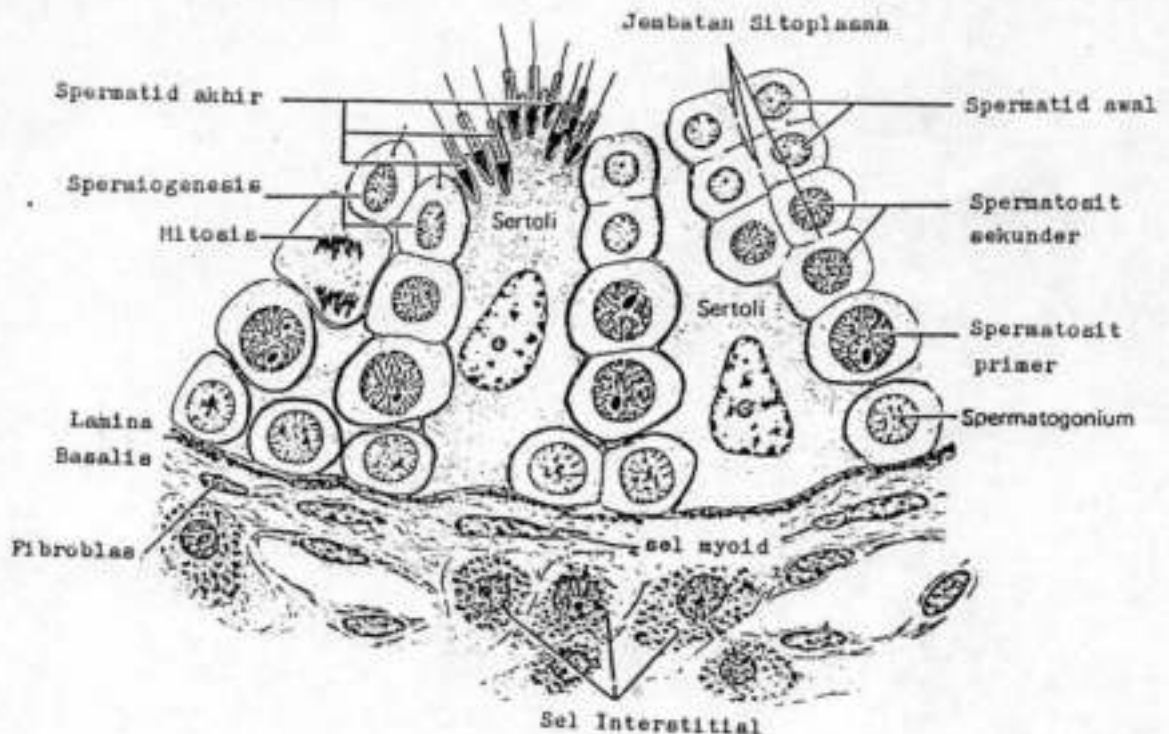
yang terlihat jelas nucleus dan nucleolusnya. Sel sertoli biasanya terletak dekat atau diantara sel-sel germinatif, sel ini memberi makan kepada sel-sel mani yang masih muda dengan jalan menancapkan diri pada sel sertoli tersebut. Sel sertoli juga mensekresikan suatu cairan yang dialirkan ke arah ductus genitalia dan digunakan untuk pengangkutan sel-sel mani. Selain itu sel sertoli bersifat phagosit karena memakan sel-sel mani yang telah mati atau mengalami degenerasi (Junqueira dan Carneiro, 1977 ; Lindsay, 1982).

Ruang antara tubulus seminiferus dalam testes terisi oleh penimbunan jaringan pengikat, kapiler-kapiler darah dan jala-jala pembuluh limfe. Jaringan pengikat ini disebut jaringan interstitial, yang terdiri atas berbagai jenis sel seperti sel fibroblas, sel mesenchim, macrophage dan sel interstitial (sel leydig). Sel Leydig berbentuk bulat atau poligonal dan mempunyai inti ditengah dan sitoplasma eosinofil yang banyak mengandung butir-butir lemak. Sel Leydig merupakan bagian dari sistim endokrin dari testes karena menghasilkan hormon testoteron, yang bertanggung jawab akan perkembangan sifat kelamin jantan sekunder (Junqueira dan Carneiro, 1977 ; Partodihardjo, 1980 ; Hardjopranojoto, 1981 ; Toelihere, 1981).

Sel spermatozoa dibentuk dan diproduksi di tubulus seminiferus dari testes oleh sel-sel yang berasal dari epitel kecambah. Sel ini disebut sel spermatogonium. Spermatogonium mempunyai bentuk bulat atau seperti kubus deng-

an inti bulat atau lonjong, mengandung banyak butir-butir kromatin, nucleolus yang terletak dekat dengan selaput inti dan kromosome berjumlah diploid ($2n$). Sedang dalam sitoplasmanya menunjukkan adanya butir-butir granula yang kurang jelas. Sel ini mengalami pembelahan beberapa kali sebelum menjadi sel spermatosit (Bloom dan Fawcett, 1970 ; Copenhaver dkk., 1978 ; Leeson dan Leeson, 1981).

Pada gambar dibawah ini dapat dilihat potongan tubulus seminiferus dan sel germinatifnya, juga jaringan interstitial.



Gambar 4. Potongan melintang tubulus seminiferus beserta sel germinatif dan jaringan interstitialnya.

(Sumber : Junqueira dan Carneiro, 1977).

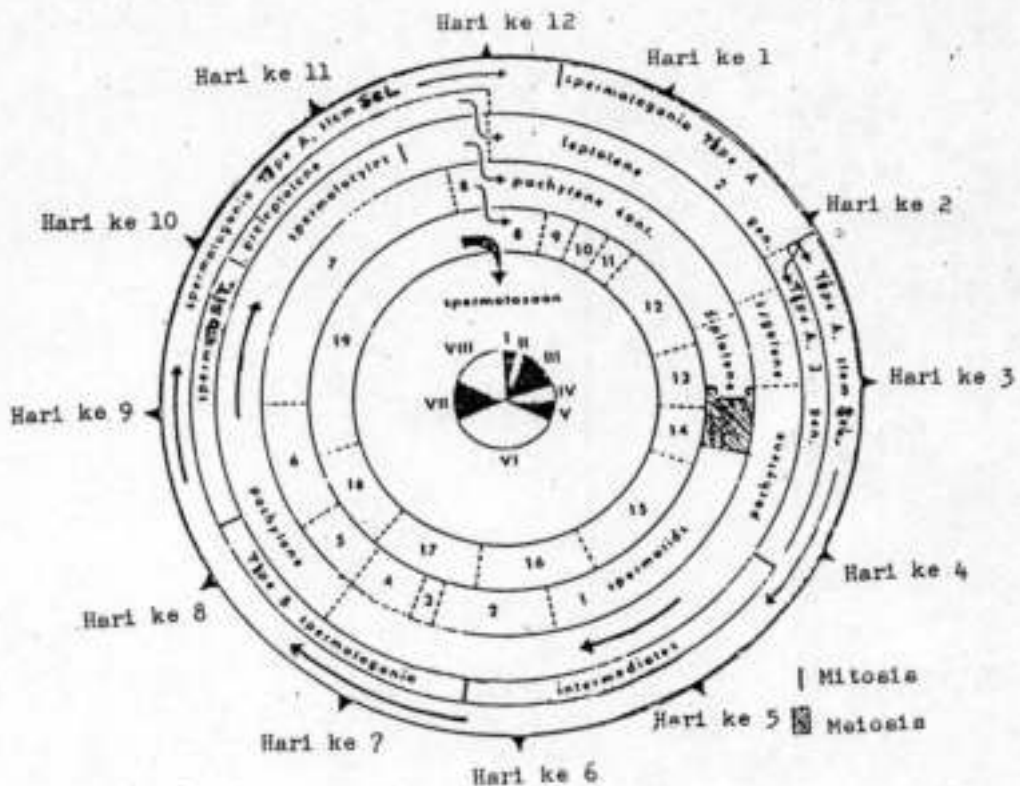
Menurut Greep (1966) dan Kundsén yang dikutip Hardjopranjoto (1981) menyatakan, sel spermatogonium ada 2 tipe di dalam testes yaitu spermatogonium tipe A yang selalu membagi diri dengan pembelahan mitosis menjadi dua sel yaitu spermatogonium dormant (tipe A sendiri) yang menjamin kontinuitas spermatogonia dan satu sel spermatogonia yang aktif membagi diri (spermatogonia tipe B), dengan pembelahan mitosis membentuk dua sel spermatosit primer. Kedua tipe sel spermatogonium ini menurut Leeson dan Leeson (1981) dapat dibedakan yaitu dengan melihat ciri-ciri intinya. Pada spermatogonium tipe A memiliki inti lonjong dengan nucleoplasma gelap atau pucat dengan butir kromatin yang tersebar halus, sedangkan spermatogonium tipe B memiliki inti yang lebih bulat, mengandung bahan kromatin padat gelap sekitar selaput inti.

Spermatozoa dibentuk di dalam testes, melalui suatu proses kompleks yang meliputi pembelahan dan diferensiasi sel, yang dinamakan proses spermatogenesis. Menurut Toeliche (1981) mengutip dari Knudsen dan Byrne, selama proses spermatogenesis jumlah kromosome direduksi dari diploid (pada sapi 60, domba 54, babi 38, kambing 60, kuda 66, mencit 40, tikus besar 42, ayam 78) menjadi haploid. Proses spermatogenesis terdiri dari 2 proses penting yaitu proses spermatositogenesis yang merupakan proses pembentukan spermatosit primer dan sekunder dari sel spermatogonia tipe A, sedang proses yang kedua adalah proses spermiogenesis yang merupakan proses metamorfosa sel spermatid men-

jadi bentuk spermatozoa tanpa proses pembelahan sel (Hafez, 1970 ; Sorensen, 1979). Menurut Hardjopranjoto (1981) dan Toelihere (1981), proses spermatogenesis pada mammalia dapat dibagi menjadi 4 fase yaitu pertama pembelahan mitosis spermatogonia tipe A menjadi dua sel yaitu satu spermatogonia tipe A (dormant) sendiri yang menjamin penyediaan spermatogonia selanjutnya, dan satu spermatogonia tipe B yang aktif membagi diri empat kali sehingga akhirnya membentuk 8 spermatosit primer. Untuk fase pertama ini dibutuhkan waktu kurang lebih 15 sampai 17 hari. Pada fase kedua adalah pembelahan meiosis dari spermatosit primer menjadi spermatosit sekunder, dibutuhkan waktu kurang lebih 15 hari, sedangkan pada fase ketiga adalah perubahan spermatosit sekunder menjadi spermatid, yang hanya membutuhkan waktu beberapa jam saja. Adapun pada fase keempat yaitu metamorfosa spermatid menjadi spermatozoa tanpa pembelahan sel, memerlukan waktu kurang lebih 15 hari. Kurang lebih 15 hari setelah terbentuknya spermatogonia dormant mulai kembali membagi diri dengan cara yang sama. Fase pertama sampai fase ketiga disebut proses spermasitogenesis, sedang fase keempat disebut proses spermiogenesis. Menurut Stanbenfeldt dan Edqvist, dikutip oleh Monesi (1962) mengatakan bahwa peremajaan spermatogonia pada epitel tubulus seminiferus untuk tiap species tidak sama. Pada sapi dibutuhkan waktu 14 sampai 15 hari, domba 10 hari, babi 8 hari, manusia 16 hari dan tikus besar 12 hari.

Lama proses spermatogenesis yaitu waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan sel spermatozoa yang ada di dalam ductus seminiferus dari testes berbagai hewan tidaklah sama. Untuk sapi dibutuhkan waktu spermatogenesis selama 50 sampai 62 hari, sedang pada domba 46 sampai 49 hari, babi 35 sampai 46 hari, kelinci 50 sampai 52 hari, tikus 45 sampai 48 hari (Breazile, 1971 ; Toelihere, 1981).

Proses spermatogenesis pada tikus dapat dilihat pada diagram gambar dibawah ini :

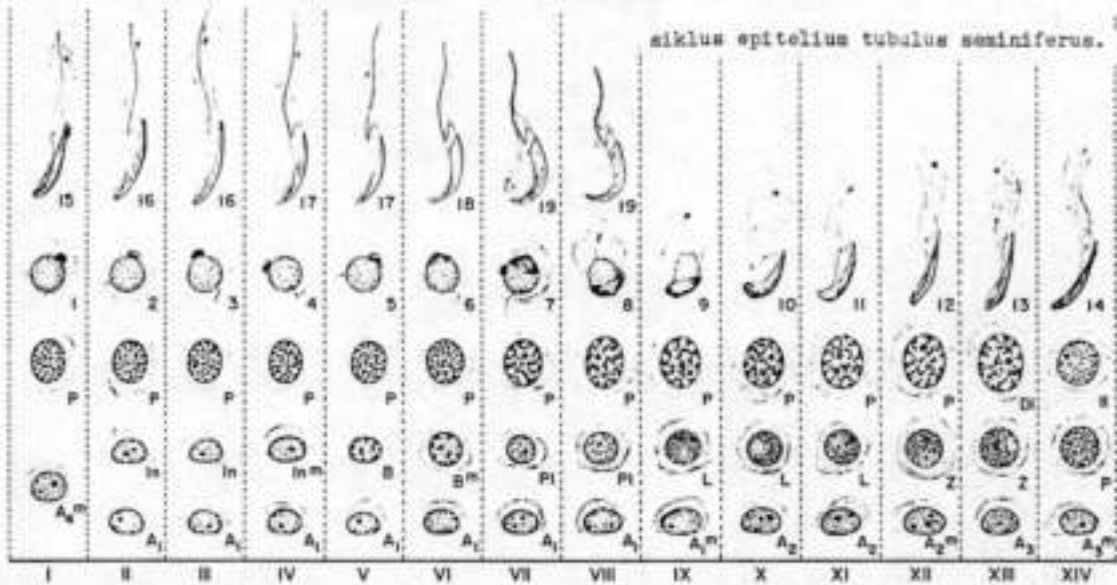


Gambar 5. Proses spermatogenesis pada tikus.

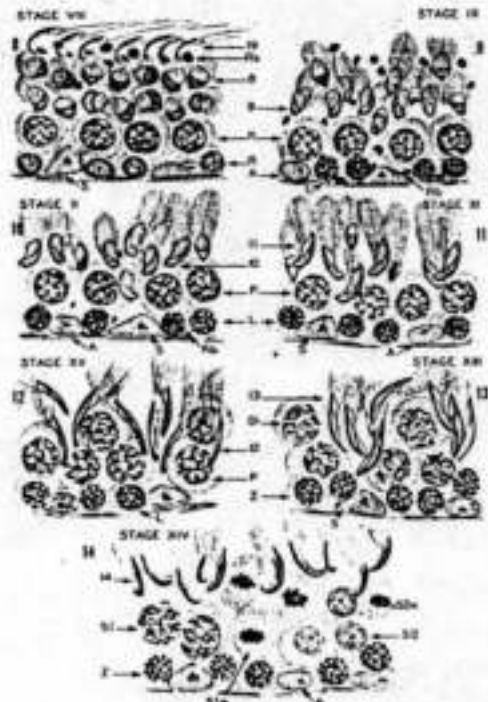
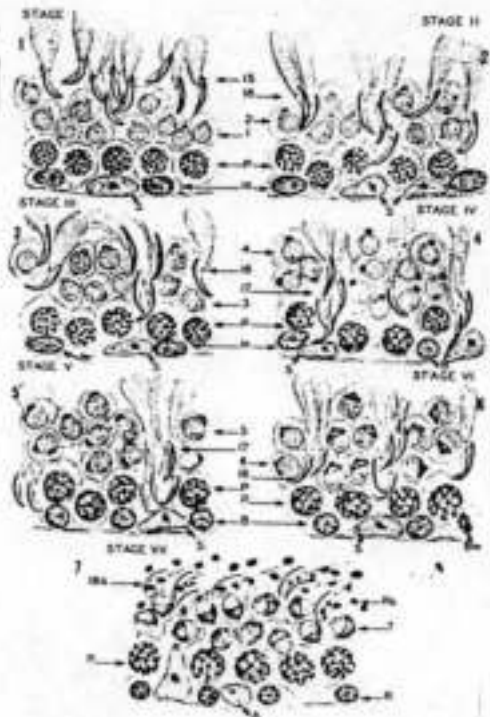
(Sumber : Hafez, 1970).

Keterangan : angka 1 sampai 19 adalah proses spermatogenesis.
 angka Romawi I sampai VIII menunjukkan tahapan siklus epitel tubulus seminiferus.

Adapun tahapan siklus epitel seminiferus pada tikus dapat dilihat pada diagram gambar 6 dibawah ini.



Tahapan I - XIV menggambarkan siklus epitelium tubulus seminiferus. Angka 1 - 19 menggambarkan proses spermatogenesis. Pada proses ini dapat dibagi atas 4 fase yaitu fase Golgi (1 - 3), fase Tudung Kepala (4 - 7), fase Akrosome (8 - 12), fase Mature (13 - 19).



Tahapan I sampai 14 menggambarkan siklus epitelium tubulus seminiferus. Gambar dibuat dari preparat yang diwarnai dengan PAS (periodic acid Schiff). Nomor 1 - 19 menunjukkan sel spermatid pada tahapan yang berbeda dari proses spermatogenesis. Huruf A = sel spermatogonium tipe A ; B = sel spermatogonium tipe B ; B₁ = sel spermatogonium tipe B yang membelah mitosis ; S = sel spermat-

id yang terlibat (resting) ; L = tahap leptotene ; S = tahap sigtene ; P = tahap Pachytene ; D₁ = diplotene dan diakinesis ; S₁ = spermatosit I ; S_{2a} = spermatosit I metafase ; S_{2b} = spermatosit II ; S_{2c} = spermatosit II metafase ; S = sel sertoli ; R₁ residual body (sisa sitoplasma yang dilepaskan dari badan sel spermatid pada waktu metamorfosis).

(Sumber : Clermont dan Leblond, 1953).

(Sumber : Clermont dan Leblond, 1953).

Sel kecambah terbesar dalam tubulus seminiferus adalah sel spermatosit primer, yang terletak di daerah tengah epitel tubulus. Sel ini mempunyai inti besar sekali dan terlihat jelas, lokalisasi inti umumnya terletak di sentral. Perubahan spermatosit primer menjadi spermatosit sekunder, melalui proses pembagian meiosis pertama, pada proses ini kromosome-kromosome diploid dari spermatosit primer berubah menjadi kromosome haploid dari spermatosit sekunder. Adapun spermatosit sekunder mempunyai besar kurang lebih setengah besar spermatosit primer, letaknya lebih ke arah lumen, mempunyai inti berbentuk bulat ditengah. Sel spermatosit sekunder jarang terlihat di dalam lumen tubulus seminiferus karena mereka membagi diri untuk menghasilkan sel spermatid secara meiosis (Bloom dan Fawcett, 1970 ; Junqueira dan Carneiro, 1977 ; Copenhaver dkk., 1978 ; Leeson dan Leeson, 1981).

Spermatid adalah sel hasil pembelahan spermatosit sekunder. Mereka dapat dibedakan dari ukurannya yang kecil, mempunyai inti dengan daerah-daerah kromatin padat, dan terletak dekat bagian tengah epitel tubulus seminiferus. Sel ini sudah mempunyai ekor tetapi masih kecil, bahkan kadang-kadang belum mempunyai ekor. Ekor ini terdiri dari flagela yang berfungsi sebagai alat gerak menuju ke lumen tubulus seminiferus. Spermatid ini tidak mengalami pembelahan, tetapi hanya mengalami perubahan bentuk saja sehingga menjadi spermatozoa, peristiwa ini dikenal dengan nama spermiogenesis (Junqueira dan Carneiro, 1977 ; Leeson dan Leeson, 1981).

Spermatozoa merupakan suatu sel kecil, kompak dan sangat khas, yang tidak bertumbuh dan membagi diri. Sel ini mempunyai kepala yang mengandung inti memadat dan tudung kepala. Di dalam intinya mengandung kromosome, dimana dalam tiap-tiap kromosome mengandung gene-gene yang membawa sifat. Akrosomenya mengandung enzim hyaluronidase, yang mampu mendepolimerisasi asam hyaluronat pada sel di sekeliling sel telur, sehingga dapat membantu dalam kemampuan fertilisasi. Ekornya dipakai untuk pergerakan dari sel spermatozoa terutama pergerakan di dalam alat kelamin betina, dalam usshanya mencapai sel telur yang ada di daerah tuba falopii (Bloom dan Fawcett, 1970).

Menurut Haq yang dikutip oleh Djanuar (1985) melaporkan, ukuran beberapa macam sel germinatif di dalam tubulus seminiferus sapi jantan berbeda-beda sebagai berikut : untuk sel spermatogonium panjang 10 sampai 15 mikron, lebar 8 sampai 13 mikron ; sel spermatosit primer mempunyai panjang 13 sampai 17 mikron dan lebar 12 sampai 15 mikron; sel spermatosit sekunder panjang 8 sampai 12 mikron dan lebar 8 sampai 12 mikron ; sel spermatid panjangnya 7 sampai 10 mikron dan lebar 7 sampai 10 mikron. Adapun menurut Toelihere (1981), walaupun ukuran dan bentuk sel spermatozoa berbeda pada berbagai jenis hewan namun struktur dasarnya tetap sama. Panjang dan lebar kepala sel spermatozoa adalah 8 sampai 10 mikron dan 4 sampai 4,5 mikron untuk sapi, babi dan domba, sedang pada kuda 7 mikron dan 2,7 mikron sampai 4 mikron. Tebal kepala kurang lebih 0,5 sampai 1,5 mikron

atau kurang untuk semua species yang lain. Diameter spermatozoa sekitar 1,0 mikron pada semua species.

Almquist dan Aman (1961) dan Ortavant dkk. (1969) yang dikutip oleh Toelihere (1981) melaporkan bahwa sapi jantan normal menghasilkan 12 sampai 17 juta sel spermatozoa sedang domba menghasilkan 12 juta sel spermatozoa pergram testes perhari. Babi menghasilkan 25 sampai 30 juta sel spermatozoa pergram perhari. Jadi produksi harian untuk seekor sapi jantan dengan satu testes seberat 400 gram, domba dengan satu testes seberat 250 gram, dan babi dengan satu testes seberat 300 gram, masing-masing akan mencapai 12 milyar, 7 milyar, dan 15 milyar sel spermatozoa. Jadi jumlah sel spermatozoa mempunyai korelasi positif terhadap berat dan ukuran testes.

2.6. Pengaruh Radiasi Sinar X terhadap Testes.

Dalam waktu yang relatif singkat setelah penemuan sinar X, diketahui bahwa sinar X merupakan radiasi pengion. Radiasi pengion jika mengenai sel makhluk hidup dapat menimbulkan peristiwa ionisasi dan eksitasi. Akibat kedua peristiwa tersebut terjadi perubahan struktur dari molekul-molekul sel yang ditembusnya, sehingga dapat mengacaukan fungsinya dalam proses kehidupan (Clarke, 1975).

Jubb dan Kennedy (1970) mengatakan bahwa salah satu jaringan tubuh yang sangat peka terhadap pengaruh radiasi adalah jaringan alat kelamin jantan. Pengaruh radiasi terhadap testes dapat menyebabkan terganggunya proses pembelahan sel germinatif. Adapun menurut Garner (1967), peng-

aruh radiasi sinar X ataupun radiasi pengion lainnya terhadap jaringan alat kelamin tergantung sekali kepada besarnya dosis, lamanya waktu penyinaran serta jenis sel alat kelamin yang dikenainya.

Sementara itu diketahui pula bahwa beberapa peneliti terdahulu telah menemukan adanya pengaruh radiasi terhadap testes. Menurut Ferroux dkk yang dikutip oleh Kohn (1955) bahwa pemberian radiasi secara langsung pada testes tikus dengan dosis dibawah 130 rad sinar X akan menyebabkan terjadinya kerusakan pada germinal epitelium testes, sedang pada dosis diatas 130 rad akan menyebabkan peningkatan kematian dari sejumlah sel spermatogonium dan pada dosis 400 rad sinar X akan menyebabkan hilangnya sel-sel yang lebih dewasa dibanding sel spermatogonium seperti sel spermatid dan sel spermatozoa.

Von Wattenwyl dan Joel (dikutip oleh Kohn, 1955) menyatakan, pemberian 60 rad sinar X secara langsung pada testes tikus sudah dapat menentukan adanya perubahan pada sel germinatif testes dan proses regenerasinya terjadi pada hari ke 25 setelah penyinaran dilakukan, sedang pembentukan sel germinal yang lengkap seperti semula terjadi pada hari ke 50 setelah radiasi diberikan; Tetapi pada pemberian sinar X dengan dosis 150 rad hanya terjadi pembentukan sel germinal secara partial, yang terjadi pada hari ke 50 setelah radiasi dilakukan , sedangkan pada pemberian sinar X dengan dosis 450 rad kemungkinan untuk pembentukan kembali daripada sel-sel epitel germinatif testes, kecil sekali kemungkinannya.

Menurut pernyataan yang dikemukakan Kohn (1955), pemberian sinar X dengan dosis 210 rad secara langsung pada testes tikus, akan menyebabkan terjadinya penurunan berat testes yang sangat berarti pada hari ke 35 setelah radiasi dilakukan. Sedang menurut pendapat William dan Cox yang dikutip oleh Garner (1967), pemberian 300 rad sinar X secara langsung pada testes babi dapat menyebabkan turunnya produksi sel spermatozoa sampai 50 % dari produksi semula dan tidak menemukan adanya pembentukkan kembali dari sel-sel germinatif secara lengkap seperti semula hingga hari ke 350 setelah radiasi diberikan. Hal yang sama juga ditunjukkan dari hasil penelitian Borrelli dan Freund (1964) bahwa pemberian 150 rad sinar X secara langsung pada testes marmot akan menyebabkan terjadinya penurunan produksi sel spermatozoa yang sangat berarti pada 21 minggu setelah penyinaran dilakukan.

Pendapat Steinberger (1978) menyatakan bahwa semua tahapan proses spermatogenesis, peka terhadap pengaruh radiasi pengion. Adapun kerusakan yang ditimbulkan radiasi pengion terhadap sel-sel germinatif ditandai oleh adanya kerusakan kromosome pada inti sel serta terhambatnya proses mitosis dan meiosis dari sel germinatifnya. Namun menurut Bloom yang dikutip oleh Mincler dkk. (1971), terhambatnya proses mitosis dari sel spermatogonium merupakan faktor pendukung untuk terjadinya pengurangan atau habisnya sel germinatif lainnya, seperti sel spermatosit primer dan sekunder, sel spermatid dan sel spermatozoa.

Menurut Monesi (1962), pada pemberian sinar X dengan dosis 100 rad pada seluruh tubuh tikus akan menimbulkan terjadinya necrosis sel spermatogonium, sedang jumlah necrosis tertinggi dari sel spermatogonium, terjadi pada 12 jam setelah penyinaran dilakukan.

Laporan Oakberg yang dikutip oleh Mincler dkk. (1971) menyatakan, pemberian sinar X dengan dosis 300 rad secara langsung pada testes tikus, dapat menyebabkan kematian dari sel germinatif dan menghambat proses mitosis dan meiosis dari sel germinatif tersebut. Adapun sel germinatif yang paling peka terhadap pengaruh radiasi pengion adalah sel spermatogonium karena pada pemberian dosis 300 rad jumlah necrosis terbanyak terjadi padanya. Hal ini terjadi pada 9 jam setelah radiasi diberikan. Laporan tersebut diperkuat lagi oleh pernyataan Mincler dkk. (1971) bahwa sel spermatogonium adalah sel germinatif yang paling peka oleh pengaruh radiasi pengion, karena sel spermatogonium mengalami necrosis lebih awal dan kerusakkan terbanyak pada pemberian berbagai dosis radiasi pengion dari berbagai hasil penelitian, namun sel sertoli dan sel interstitial bila dibandingkan dengan sel germinatif adalah tergolong sel yang lebih resisten terhadap pengaruh radiasi sinar X. Adapun menurut hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Le Roy yang dikutip oleh Cowing dkk. (1951), pemberian 2000 rad sinar X secara langsung pada testes tikus dapat menyebabkan hilangnya semua sel germinatif, tetapi adanya sel sertoli dan sel interstitial tetap dipertahankan morfologinya secara normal, sedang pada pemberian 4500 rad

sinar X secara langsung pada testes tikus akan menyebabkan hilangnya sel sertoli, sebagaimana juga sel germinatifnya. Tetapi keberadaan sel interstitial tetap dipertahankan.

Menurut Junqueira dan Carneiro (1977), sel sertoli pada manusia dan binatang tidak membelah selama periode reproduksi, malnutrisi, atau penyinaran sinar X dan dapat hidup dalam keadaan yang tidak menguntungkan ini lebih baik daripada sel-sel turunan spermatogenik.

Abraham dan Berry (1970) menyatakan bahwa pada berbagai hewan terdapat perbedaan dalam ukuran dan bentuk sel spermatozoa, tetapi tetap mempunyai kesamaan dalam struktur dasarnya, yaitu kepala sel spermatozoa terisi oleh materi inti yang sebagian besar terdiri dari kromosome. Bagian utama dari kromosome adalah asam deoxyribunucleat (DNA), yang memegang peranan penting sebagai pembawa kode genetika. Oleh karena DNA sangat peka terhadap pengaruh radiasi pengion (sinar X), maka perubahan ataupun kerusakan pada komposisi DNA akan mengakibatkan pula terjadinya mutasi gen, yang efeknya terjadi pada generasi yang akan datang.

Pengaruh radiasi pengion (sinar X) terhadap testes pada berbagai hewan yang diketahui dari hasil penelitian terdahulu tersebut, jika ditabelkan adalah sebagai tabel 1 disebelah ini :

Tabel 1. Ringkasan hasil penelitian terdahulu tentang " Pengaruh radiasi sinar X terhadap testes pada berbagai hewan ".

Peneliti	Radiasi pada	Dosis (rad)	Akibat
1. Ferroux dkk, dikutip Kohn (1955)	Testes tikus	<130	- Kerusakan epitel germinal testes.
		lebih	- Peningkatan kematian sel spermatogonium.
		130 400	- Hilangnya sel germinatif.
2. Von Wattenwyl dan Joel dikutip Kohn (1955)	Testes tikus	60	- Adanya kerusakan sel germinatif. Regenerasi baru terjadi pada hari ke 25 setelah radiasi diberikan, sedang regenerasi secara sempurna dicapai pada hari ke 50 setelah radiasi diberikan.
		150	- Kerusakan sel germinatif, dan pembentukkan kembali sel germinatif jika memungkinkan hanya terjadi secara partial, yang terjadi pada hari ke 50 setelah radiasi dilakukan.
		450	- Kecil kemungkinan terjadinya regenerasi sel epitel germinatif.
3. Kohn (1955)	Testes tikus	210	- Penurunan berat testes yang sangat berarti pada 35 hari setelah radiasi diberikan.
4. William dan Cox dikutip Garner (1967)	Testes babi	300	- Penurunan 50 % produksi sel spermatozoa dari produksi semula. Dan tidak ditemukan adanya regenerasi sel germinatif sampai hari ke 150.
5. Borrelli dan Freund (1964)	Testes marmot	150	- Penurunan produksi sel spermatozoa, yang sangat berarti pada 21 minggu setelah radiasi.
6. Monesi (1962)	Seluruh tubuh tikus	100	- Necrosis sel spermatogonium. Jumlah necrosis tertinggi pada 12 jam setelah radiasi diberikan.
7. Oakberg dikutip Mincler dkk (1971)	Testes tikus	300	- Kematian sel germinatif dan terhabatnya proses mitosis dan meiosis sel germinatif. - Terjadi necrosis terbanyak pada sel spermatogonium pada 9 jam setelah radiasi diberikan.
8. Le Roy dikutip oleh Cowing (1951)	Testes tikus	2000	- Hilangnya semua sel germinatif, sedang sel sertoli dan sel interstitial tetap dipertahankan adanya.
		4500	- Hilangnya semua sel germinatif dan sel sertoli, sedang sel interstitial tetap dipertahankan adanya.

BAB III

MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1. Materi Penelitian

3.1.1. Hewan Percobaan

Dalam penelitian ini digunakan 30 ekor mencit jantan dewasa kelamin, yang berumur antara 6 sampai 7 minggu dan belum pernah dikawinkan. Untuk mendapatkan mencit dengan persyaratan tersebut, maka diadakan pemeliharaan mencit selagi masih kecil.

3.1.2. Bahan Penelitian.

Bahan-bahan yang diperlukan pada penelitian ini adalah :

- a. Bahan makanan berbentuk pellet, diperoleh dari makanan ayam dengan kadar protein 18 % buatan salah satu pabrik makanan ternak di Surabaya.
- b. Air kran yang berasal dari Perusahaan Air Minum Kotamadya Surabaya sebagai air minum mencit.
- c. Larutan chloroform kemasan 60 cc untuk membunuh mencit, sebelum pengambilan testes dilakukan.
- d. Formalin 10 % beserta dengan tempatnya untuk masing-masing testes.
- e. Bahan untuk proses dehidrasi dan clearing yaitu alkohol 70%, 80%, 95%, 96%, alkohol absolut I , II, III, Xylol I dan II.
- f. Bahan untuk pewarnaan Hematoxylin Eosin (HE) dan Periodic Acid Schiff Reaction (PAS) yaitu Hemato-

xylin, eosin, asam periodic, schiff reagent, asam sulfur I, II dan III.

g. Egg albumin dan canada balsam.

3.1.3. Alat Penelitian.

Alat-alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah :

- a. Kandang berbentuk kotak terbuat dari plastik dengan tutupnya terbuat dari kawat kasa.
- b. Tempat untuk makanan dan minuman berbentuk cawan yang sama besarnya dan terbuat dari bahan plastik.
- c. Timbangan merk Ohaus yang mempunyai kapasitas 500 gram untuk menimbang berat tubuh mencit selama penelitian berlangsung.
- d. Timbangan merk Sartorius yang mempunyai satuan pengukuran 1/1000 gram, untuk menimbang testes mencit.
- e. Peralatan Rontgen Linac 67, lengkap dengan asesorisnya, untuk melakukan radiasi terhadap mencit. Peralatan ini mempunyai spesifikasi 6000 Kilo Volt , 700 miliAmpere (mA) dan dengan target (kutub anoda) tipe rotasi.
- f. Alat dehidrasi otomatis, mikrotom, hot plate, obyek gelas, cover gelas, tempat pewarnaan.
- g. Peralatan seksi seperti skapel, gunting, pinset dan silet.
- h. Mikroskop type 104 Nikon buatan Jepang untuk melakukan pemeriksaan.
- i. Alat dokumentasi berupa 1 rol film dan alat pemotretannya.

3.2. Metode Penelitian.

3.2.1. Persiapan.

Pada penelitian ini dibutuhkan 30 ekor mencit jantan yang telah dewasa kelamin dan belum pernah kawin. Untuk mendapatkan mencit yang memenuhi persyaratan tersebut, maka diadakan pemeliharaan mencit lebih dini, sebelum penelitian dilaksanakan. Adapun mencit jantan yang dipelihara pada mulanya berumur 3 - 4 minggu. Selama dalam pemeliharaan mencit diberi makan dan minum, dalam jumlah tidak terbatas (ad libitum). Sebagai makanannya diberikan bahan makanan ayam dalam bentuk pellet, sedang untuk air minumnya diambil dari air kran. Setelah mencit mencapai dewasa kelamin yaitu pada umur 6 sampai 7 minggu, diadakan penimbangan berat badannya. Dari hasil penimbangan diperoleh berat tubuh mencit berkisar antara 20 sampai 23 gram.

Dari 30 ekor mencit jantan tersebut secara acak dibagi menjadi 5 kelompok dengan memakai tabel bilangan acak.

- Kelompok I : 6 ekor mencit digunakan sebagai kontrol tanpa penyinaran.
- Kelompok II : 6 ekor mencit digunakan sebagai kelompok yang memperoleh 50 rad sinar X.
- Kelompok III : 6 ekor mencit digunakan sebagai kelompok yang memperoleh 100 rad sinar X
- Kelompok IV : 6 ekor mencit digunakan sebagai kelompok yang memperoleh 150 rad sinar X.

Kelompok V : 6 ekor mencit digunakan sebagai kelompok yang memperoleh 200 rad sinar X.

3.2.2. Pemberian Sinar X.

Dari 30 ekor mencit jantan diatas setelah dibagi menjadi 5 kelompok secara acak, maka keempat kelompok mencit yang masing-masing memperoleh 50 rad, 100 rad, 150 rad dan 200 rad sinar X ditempatkan pada suatu kotak karton yang telah diberi sekat pemisah bagi keenam ekor mencit yang menempatnya. Adapun ukuran kotak karton tersebut mempunyai panjang 20 Cm, lebar 20 Cm dan tinggi 4 Cm, dilengkapi dengan penutup plastik diatasnya.

Secara bergantian masing-masing kelompok yang memperoleh penyinaran 50 rad, 100 rad, 150 rad dan 200 rad sinar X, ditempatkan tepat dibawah lapangan efektif sinar X (Field Size) 20 X 20 Cm dan pada jarak penyinaran (SSD = Source Skin Dose yaitu jarak permukaan kulit dengan sumber radiasi) sejauh 100 Cm. Penyinaran ini dilakukan pada seluruh bagian tubuh mencit secara dosis tunggal, dengan menggunakan alat Rontgen Linac 67. Peralatan ini mempunyai Tegangan maksimum 6000 Kilo Volt (KV) dan kuat arus 700 mili ampere (mA), dan mempunyai kemampuan mengeluarkan radiasi 300 rad/menit.

Untuk memperoleh dosis yang digunakan tersebut benar-benar tepat mencapai target yang dituju (testes) maka ketebalan tubuh mencit perlu diperhitungkan, begitu juga dosis yang sampai pada target organ, karena sinar X yang menghamburkan mengurangi dosis yang sampai pada organ yang dituju.

Sehingga untuk mencegah kejadian tersebut, perlu diadakan perhitungan dosis yang harus dikeluarkan alat Rontgen Linac 67. Untuk dapat menghitung dosis tersebut perlu diperhatikan faktor berikut ini :

1. Ketebalan tubuh mencit.
2. Luasnya lapangan penyinaran (field size) dari sinar X.
3. Faktor radiasi sinar hambur (BSF = Back Scatter Faktor).
4. Persentase dosis yang sampai ke target organ pada ketebalan tertentu (Depth Dose Prosentase = DDP).

Pada penelitian ini, ditentukan ketebalan tubuh mencit yang harus ditembus sinar X yaitu 3 Cm, luas lapangan penyinaran efektif untuk sinar X ditentukan seluas 20 X 20 Cm, sehingga BSF dan DDP secara langsung dapat diperoleh dari tabel DDP (lihat lampiran XI) yaitu sebesar 1,030 untuk BSF dan 95,5 untuk DDP. Dari angka yang diperoleh tersebut dimasukkan kedalam suatu perhitungan, guna memperoleh dosis yang harus dikeluarkan oleh alat Rontgen Linac 67.

Dari hasil perhitungan dengan memakai rumus dibawah ini diperoleh hasil sebagai berikut :

Dosis yang harus dikeluarkan alat Linac 67 =

$$\text{BSF} \times \frac{100}{\text{DDP}} \times \text{Dosis sinar X yang dibutuhkan.}$$

Untuk kelompok mencit yang memperoleh 50 rad sinar X alat Linac 67 mengeluarkan dosis sebesar 54 rad selama 0,19 menit, sedang kelompok mencit yang masing-masing memperoleh

100 rad, 150 rad dan 200 rad sinar X, alat Linac 67 harus mengeluarkan radiasi sinar X juga masing-masing sebesar 108 rad (selama 0,39 menit), 162 rad (selama 0,59 menit), dan 216 rad (selama 0,79 menit).

Penyinaran ini dilakukan di Bagian Radiologi R.S.U. DR. Sutomo Surabaya. Setelah penyinaran dilakukan, mencit tetap dipelihara selama 15 hari. Selama pemeliharaan berlangsung, mencit-mencit diberi makan dan minum dalam jumlah yang tidak terbatas (ad libitum). Pada hari yang ke 15 setelah penyinaran, mencit dibunuh dengan menggunakan chloroform dan diadakan seksi, kemudian dipisahkan testesnya secara legeartis dengan membuang jaringan yang tidak diperlukan, dan testes setelah ditimbang dan dimasukkan dalam tempat formalin yang sudah tersedia.

3.2.3. Pembuatan Preparat Histologi.

Pembuatan preparat histologi dilakukan di Laboratorium Histologi Fakultas Kedokteran Unair, dengan cara-cara sebagai berikut :

- a. Fixasi dan pencucian.
- b. Dehidrasi dan clearing.
- c. Infiltrasi.
- d. Pembuatan balok paraffin.
- e. Pengirisan dengan mikrotom.
- f. Pewarnaan.
- g. Penutupan dengan cover gelas.
- h. Pemeriksaan mikroskopis.

a. Fixasi dan pencucian.

- Bertujuan : - mencegah terjadinya degenerasi post mortem.
- mematikan kuman dan bakteri.
 - meningkatkan affinitas jaringan terhadap bermacam-macam zat warna.
 - menjadikan jaringan lebih keras sehingga mudah dipotong.
 - meningkatkan index refraksi berbagai komponen jaringan.

Reagen : formalin 10 %

Cara kerja : Setelah diadakan seksii, kedua testes mencit diambil, selanjutnya dimasukkan dalam formalin 10 % sekurang-kurangnya 24 jam, kemudian dilakukan pencucian dengan air kran yang mengalir selama setengah jam.

b. Dehidrasi dan clearing.

Bertujuan : 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 : Testes yang telah dicuci dengan air kran selama setengah jam, lalu dimasukkan ke reagen dengan urutan alkohol 70 % , 80 % , 95 % , alkohol 96 % , alkohol absolut I, alkohol absolut II, alkohol absolut III, Xylol I dan Xylol II masing-masing se-

tengah jam.

c. Infiltrasi (embedding).

Bertujuan : Untuk menginfiltrasi jaringan dengan paraffin, paraffin akan menembus ruang antar sel dan dalam sel sehingga jaringan lebih tahan terhadap pemotongan.

Reagen : Paraffin I dan II.

Cara kerja : Jaringan dimasukkan dalam paraffin I yang mencair, kemudian dimasukkan ke dalam oven selama setengah jam, selanjutnya dimasukkan dalam paraffin II dan dimasukkan dalam oven selama setengah jam pada suhu 60°C .

d. Pembuatan balok paraffin.

Bertujuan : supaya jaringan mudah dipotong.

Reagen : paraffin cair.

Cara kerja : sediakan beberapa cetakan besi yang sebelumnya diolesi gliserin dengan maksud untuk mencegah lekatnya paraffin pada cetakan, kemudian testes dimasukkan dengan pinset kedalamnya, dan ditunggu sampai paraffin membeku.

e. Pengirisan tipis.

Bertujuan : untuk memotong jaringan setipis mungkin agar mudah dilihat di bawah mikroskop.

Alat : mikrotome.

Cara kerja : Pemotongan dilakukan secara random yaitu

tiap lima belas kali pemotongan yang dilakukan secara seri, diambil satu dengan tebal 5 - 7 mikron, kemudian dicelupkan dalam air hangat dengan suhu 20°C sampai 30°C sampai jaringan mengembang dengan baik, kemudian diletakkan pada obyek gelas yang sebelumnya telah diolesi egg albumin, selanjutnya dikeringkan diatas hot plate.

f. Pewarnaan.

Bertujuan : Untuk memudahkan melihat perubahan pada jaringan. Disini digunakan pewarnaan HE (Hematoxylin Eosin) dan PAS (Periodic Acid Schiff Reaction). Dengan pewarnaan HE dapat dilihat dengan jelas bentuk masing-masing selnya, dimana sitoplasma berwarna merah, sedang intinya berwarna biru. Adapun pewarnaan PAS khusus mewarnai jaringan retikuler, sehingga mempermudah pengukuran, selain itu PAS juga dapat digunakan untuk mengetahui tahapan siklus yang ada pada satu potongan tubulus seminiferus. Hal ini terjadi karena sifat PAS yang dapat mewarnai glikogen pada badan golgi (fase golgi), akrosome pada fase tudung kepala dan fase akrosome.

Cara kerja : i. Pewarnaan Hematoxylin Eosin dilakukan dengan metode Harris, dengan cara sebagai berikut : Jaringan yang telah dike-

ringkan dimasukkan dalam xylol I selama 3 menit dengan tempat khusus dan selama 1 menit pada xylol II, kemudian pada alkohol absolut I, II, alkohol 96%, 80%, 70% dan air kran selama 1 menit. Selanjutnya jaringan atau organ dimasukkan ke dalam zat warna Harris selama 5 sampai 10 menit, air kran selama 2 sampai 5 menit, acid alkohol 3 sampai 10 celupan, air kran 4 sampai 7 celupan, amoniak 6 celupan, aquades secukupnya, zat warna eosin selama seperempat menit, kemudian dimasukkan lagi dalam aquades secukupnya. Selanjutnya dimasukkan dalam alkohol 70% 80% masing-masing selama setengah menit, kemudian alkohol 96%, alkohol absolut I dan II selama 1 menit, dan terakhir dimasukkan ke dalam xylol I dan II masing-masing selama 1 sampai 2 menit dan selanjutnya dibersihkan dari sisa-sisa pewarnaan.

ii. Pewarnaan Periodic Acid Schiff Reaction, dilakukan dengan cara sebagai berikut : Jaringan yang telah dikeringkan dimasukkan dalam xylol I selama 3 menit, dan selama 1 menit pada masing-masing xylol II, alkohol absolut I dan II, al-

kohol 96%, 80%, 70% dan air kran. Selanjutnya dalam larutan Periodic acid selama 5 menit, air kran 2-5 menit, reagent schiff's acid selama 15 menit, lalu 2 menit pada sulfur asam I, II, III dan air kran, selanjutnya zat warna Harris selama 5-10 menit, aquades secukupnya, dan setengah menit masing masing pada alkohol 70%, 80% dan 1 menit pada alkohol 96%, alkohol absolut I dan II, terakhir selama 1-2 menit dalam xylol I, lalu dibersihkan dari sisa-sisa pewarnaan.

g. Mounting yaitu penutupan obyek gelas dengan cover gelas, yang sebelumnya telah ditetesi canada balsem.

h. Pemeriksaan mikroskopis.

Setelah preparat kering canada balsemnya, maka pemeriksaan dibawah mikroskop dimulai dengan memakai lensa obyektif 10 X, 40X, 100X dengan oil emersi. Pemeriksaan terhadap diameter tubulus seminiferus dan jumlah masing-masing sel generatif dilakukan terhadap 5 potongan tubulus seminiferus yang mempunyai diameter bulat, serta mempunyai tahapan siklus epitel seminiferus yang sama. Guna menentukan tahapan yang sama itu dibuat juga preparat yang diwarnai dengan PAS (lihat gambar 6), karena PAS dapat menentukan fase golgi, fase tudung kepala (fase cap), fase akrosome didalam proses spermiogenesis berdasarkan badan golgi dan akrosome yang diwarnainya. Adapun untuk mengukur diameter tubulus seminiferus digunakan mikrometer 1 X 1 Cm yang terbagi dalam 20 kotak, dimana setiap kotak berukuran 0,5 mm (500 mikron). Ukuran diameter tubulus seminiferus sebenarnya = (banyak kotak X 500) : 40 (lensa obyektif digunakan) mikron.

3.3. Analisa Data.

Semua hasil angka tentang diameter tubulus seminiferus, serta jumlah masing-masing sel germinatifnya dicatat pada lembaran data yang telah tersedia. Selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel, kemudian diadakan analisa statistik dengan Analisa Varian dan bila terdapat perbedaan dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Jujur menurut prosedur Tukey, untuk menentukan kelompok yang berbeda nyata atau berbeda sangat nyata, baik antara kelompok kontrol dengan kelompok yang memperoleh radiasi sinar X pada berbagai dosis ataupun antar kelompok yang memperoleh radiasi sinar X (Steel dan Torrie, 1980).

Dalam penelitian ini dibuat hipotesa sebagai berikut :

- * Hipotesa Nihil (H_0) : Tidak ada pengaruh pemberian radiasi pada seluruh tubuh mencit pada dosis 0 rad, 50 rad, 100 rad, 150 rad dan 200 rad sinar X terhadap perubahan diameter tubulus seminiferus dan jumlah sel-sel germinatif testes mencit.
- * Hipotesa Alternatif (H_A) : Terdapat pengaruh pemberian radiasi pada seluruh tubuh mencit pada dosis 0 rad, 50 rad, 100 rad, 150 rad dan 200 rad sinar X terhadap perubahan diameter tubulus seminiferus dan jumlah sel-sel germinatif testes mencit.

Kriteria Uji pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Bila F Hitung $<$ F Tabel \longrightarrow H_0 : diterima
 H_A : ditolak

Bila F Hitung \geq F Tabel \longrightarrow H_0 : ditolak
 H_A : diterima

BAB IV

HASIL PENELITIAN

Dari penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh pemberian sinar X terhadap perubahan histologi testes yang berasal dari 30 ekor mencit jantan, yang berumur 6 sampai 7 minggu dengan berat badan rata-rata 20 sampai 23 gram, yang radiasinya secara dosis tunggal pada seluruh tubuh mencit jantan hasilnya akan diuraikan pada beberapa sub bab dibawah ini dengan beberapa data yang disajikan dalam bentuk tabel seperti terlihat pada halaman berikut.

4.1. Diameter tubulus seminiferus.

Perubahan yang terjadi pada diameter tubulus seminiferus dari testes mencit dari kelompok mencit yang memperoleh radiasi sinar X dengan dosis 50 rad, 100 rad, 150 rad, dan 200 rad dibandingkan dengan kelompok mencit tanpa radiasi sinar X sebagai kontrol hasilnya dapat dilihat pada tabel 2. Pada tabel 2 ini, K_1 adalah kelompok kontrol sedang K_2 , K_3 , K_4 dan K_5 masing-masing adalah kelompok yang memperoleh 50 rad sinar X, 100 rad sinar X, 150 rad sinar X dan 200 rad sinar X.

Tabel 2. Hasil Pengukuran diameter tubulus seminiferus dari testes mencit kelompok 1 sampai kelompok 5 (mikron).

No Mencit	Diameter tubulus seminiferus				
	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
1.	87,55	83,75	77,50	63,75	53,75
2.	88,75	82,50	78,75	62,50	48,75
3.	90,00	81,25	76,25	60,00	51,25
4.	86,25	78,75	67,50	62,50	52,50
5.	87,50	81,25	77,50	66,25	47,15
6.	86,25	80,00	72,50	67,50	52,50
$\sum X$	526,30	487,50	450,00	382,50	305,90
\bar{X}	87,72	81,25	75,00	63,75	50,98
SE	1,46	1,77	4,26	2,74	2,53

Dari tabel 2 tersebut dapat dibaca bahwa pada kelompok kontrol, diameternya berkisar antara 86,25 μ sampai 90,00 μ dengan angka rata-rata 87,72 \pm 1,46 μ , kelompok mencit yang memperoleh 50 rad sinar X diameternya berkisar antara 78,75 μ sampai 83,75 μ dengan angka rata-rata 81,25 \pm 1,77 μ , kelompok mencit yang memperoleh 100 rad sinar X diameternya berkisar antara 67,50 μ sampai 78,75 μ dengan angka rata-rata 75,00 \pm 4,26 μ , kelompok mencit yang memperoleh 150 rad sinar X diameternya berkisar antara 60,00 μ sampai 67,50 μ dengan angka rata-rata 63,75 \pm 2,74 μ dan kelompok mencit yang memperoleh 200 rad sinar X diameternya ber-

kisar antara $47,15 \mu$ sampai $53,75 \mu$ dengan angka rata-rata $50,98 \pm 2,53 \mu$.

Dari hasil analisa statistik terhadap diameter tubulus seminiferus antara kelima kelompok mencit diatas, memakai analisa varian dilanjutkan dengan pengujian beda nyata jujur menurut Tukey (Steel dan Torrie, 1980), ternyata didapatkan adanya perbedaan yang sangat nyata ($P \leq 0,01$) antara kelompok kontrol dengan keempat kelompok yang lain, antara kelompok 2 dengan kelompok 3 dan kelompok 4 serta kelompok 5, antara kelompok 3 dengan kelompok 4 dan kelompok 5, demikian pula antara kelompok 4 dengan kelompok 5. (lihat lampiran II).

4.2. Jumlah sel spermatogonium pada tubulus seminiferus.

Perhitungan kedua yang dilakukan pada tubulus seminiferus dari testes mencit jantan yaitu jumlah sel spermatogonium sebagai akibat pemberian sinar X dengan berbagai dosis, hasilnya dituangkan pada tabel 3 dibawah ini. Pada tabel 3 ini, K_1 adalah kelompok kontrol, K_2 , K_3 , K_4 dan K_5 masing-masing adalah kelompok yang memperoleh 50 rad, 100 rad, 150 rad dan 200 rad sinar X.

Tabel 3. Hasil perhitungan sel spermatogonium pada tubulus seminiferus dari testes mencit kelompok 1 sampai kelompok 5.

No mencit	Jumlah sel spermatogonium				
	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
1.	64,60	55,80	51,20	38,20	25,60
2.	63,60	49,80	41,20	34,60	26,60
3.	64,80	54,00	44,20	37,40	25,60
4.	62,80	49,20	43,80	37,60	26,80
5.	63,80	52,00	46,20	37,80	28,20
6.	64,80	53,20	47,40	38,80	27,00
$\sum X$	384,40	314,00	274,00	224,40	159,80
\bar{X}	64,07	52,33	45,67	37,40	26,63
SE	0,81	2,53	3,45	1,46	0,98

Tabel 3 diatas dapat dibaca bahwa pada kelompok K₁ (kontrol) jumlah sel spermatogonium berkisar antara 62,80 sampai 64,80 dengan angka rata-rata $64,07 \pm 0,81$, kelompok K₂ jumlah sel spermatogonium berkisar antara 49,20 sampai 55,80 dengan angka rata-rata $52,33 \pm 2,53$, kelompok K₃ jumlah sel spermatogonium berkisar antara 41,20 sampai 51,20 dengan angka rata-rata $45,67 \pm 3,45$ sedangkan K₄ jumlah sel spermatogonium berkisar antara 34,60 sampai 38,80 dengan angka rata-rata $37,40 \pm 1,46$, dan mencit kelompok K₅ jumlah sel spermatogonium berkisar antara 25,60 sampai 28,20 dengan angka rata-rata $26,63 \pm 0,98$.

Dari hasil analisa statistik terhadap jumlah sel spermatogonium pada tubulus seminiferus antara kelima kelompok mencit diatas, memakai analisa varian dilanjutkan dengan beda nyata jujur menurut Tukey (Steel dan Torrie, 1980), ternyata didapatkan adanya perbedaan yang sangat nyata ($P \leq 0,01$) dari jumlah sel spermatogonium antara masing-masing kelompok yaitu antara kelompok kontrol dengan kelompok mencit K_2 , K_3 , K_4 dan K_5 , kemudian antara kelompok mencit K_2 dengan kelompok mencit K_3 dan K_4 serta K_5 ; dan antara kelompok mencit K_3 dengan kelompok mencit K_4 dan K_5 , serta antara kelompok mencit K_4 dengan kelompok mencit K_5 (lihat lampiran IV).

4.3. Jumlah sel spermatisit I dan II pada tubulus seminiferus.

Jumlah sel spermatisit dalam hal ini terdiri dari sel spermatisit I dan II, yang terdapat pada tubulus seminiferus dari testes mencit jantan kelompok kontrol (K_1) dan kelompok mencit yang memperoleh radiasi sinar X dengan berbagai dosis penyinaran, hasilnya dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini. Pada tabel 4 ini, K_1 adalah kelompok kontrol sedang K_2 , K_3 , K_4 dan K_5 masing-masing adalah kelompok yang memperoleh 50 rad, 100 rad, 150 rad dan 200 rad sinar X.

Tabel 4. Hasil perhitungan sel spermatosit I dan II pada tubulus seminiferus testes mencit kelompok I sampai kelompok 5.

No mencit	Jumlah sel spermatosit I dan II				
	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
1.	62,60	56,20	49,80	42,80	37,00
2.	58,80	55,80	49,20	44,20	40,20
3.	62,00	56,40	49,40	44,00	40,00
4.	64,20	51,20	45,40	42,40	38,80
5.	62,80	52,00	46,60	43,60	37,20
6.	67,00	58,20	49,80	45,20	40,60
$\sum X$	377,40	329,80	290,20	262,20	233,80
\bar{X}	62,90	54,97	48,37	43,70	38,97
SB	2,69	2,75	1,89	1,01	1,57

Dari tabel 4 diatas dapat dibaca bahwa pada kelompok kontrol, jumlah sel spermatosit I dan II berkisar antara 58,80 sampai 67,00 dengan angka rata-rata $62,90 \pm 2,69$ Mencit kelompok 2 yang memperoleh 50 rad sinar X, jumlah sel spermatosit I dan II berkisar antara 51,20 sampai 58,20 dengan angka rata-rata $54,97 \pm 2,75$. Mencit kelompok 3 yang memperoleh 100 rad sinar X, jumlah sel spermatosit I dan II berkisar antara 45,40 sampai 49,80 dengan angka rata-rata $48,37 \pm 1,89$, sedangkan mencit kelompok 4 yang memperoleh

150 rad sinar X, jumlah sel spermatosit I dan II berkisar antara 42,40 sampai 45,20 dengan angka rata-rata $43,70 \pm 1,01$, dan mencit kelompok 5 yang memperoleh 200 rad sinar X, jumlah sel spermatosit I dan II berkisar antara 37,00 sampai 40,60 dengan angka rata-rata $38,97 \pm 1,57$.

Deri hasil analisa statistik terhadap jumlah sel spermatosit I dan II pada tubulus seminiferus antara kelima kelompok mencit diatas, memakai analisa varian dilanjutkan dengan pengujian beda nyata jujur menurut Tukey (Steel dan Torrie, 1980), ternyata didapatkan adanya perbedaan yang sangat nyata ($P \leq 0,01$) dari jumlah sel spermatosit I dan II antara masing-masing kelompok yaitu antara kelompok kontrol (K_1) dengan kelompok K_2 , K_3 , K_4 dan K_5 , demikian pula antara kelompok K_2 dengan ketiga kelompok yang memperoleh penyinaran sinar X terdapat perbedaan yang sangat nyata ($P \leq 0,01$). Dan antara kelompok K_3 dengan kelompok K_4 dan K_5 serta antara kelompok K_4 dan K_5 semuanya terdapat terdapat perbedaan yang sangat nyata ($P \leq 0,01$) (lihat lampiran VI).

4.4. Jumlah sel spermatid pada tubulus seminiferus.

Perubahan yang terjadi pada jumlah sel spermatid yang terdapat pada tubulus seminiferus dari testes mencit jantan sebagai akibat dari pengaruh pemberian sinar X dengan dosis yang sama seperti pada tabel sebelumnya, hasilnya dapat dilihat pada tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Hasil perhitungan sel spermatid pada tubulus seminiferus testes mencit kelompok 1 sampai kelompok 5.

No mencit	Jumlah sel spermatid				
	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
1.	82,80	77,40	68,60	67,60	66,60
2.	87,20	84,80	79,20	68,00	56,60
3.	76,80	71,60	67,60	67,20	61,80
4.	77,00	73,60	72,80	69,40	66,40
5.	76,40	71,20	67,20	61,40	57,60
6.	81,80	78,60	73,20	69,20	65,00
$\sum X$	482,00	457,20	428,60	402,80	374,00
\bar{X}	80,33	76,20	71,43	67,13	62,33
SE	4,35	5,18	4,60	2,94	4,41

Keterangan : K₁ kelompok kontrol, K₂ kelompok yang memperoleh 50 rad sinar X, sedang K₃, K₄ dan K₅ adalah kelompok yang masing-masing memperoleh 100 rad, 150 rad dan 200 rad sinar X.

Pada tabel 5 diatas dapat dibaca bahwa pada kelompok kontrol atau K₁, jumlah sel spermatid berkisar antara 76,40 sampai 87,20 dengan angka rata-rata $80,33 \pm 4,35$. Mencit kelompok K₂ yang memperoleh 50 rad sinar X jumlah sel spermatid berkisar antara 71,20 sampai 84,80 dengan angka rata-

rata $76,20 \pm 5,18$. Mencit kelompok K_3 yang memperoleh 100 rad sinar X, jumlah sel spermatid berkisar antara 67,20 sampai 79,20 dengan angka rata-rata $71,43 \pm 4,60$. Mencit kelompok K_4 yang memperoleh 150 rad sinar X, jumlah sel spermatid berkisar antara 61,40 sampai 69,40 dengan angka rata-rata $67,13 \pm 2,94$, sedang kelompok mencit yang memperoleh 200 rad sinar X (K_5), jumlah sel spermatid berkisar antara 56,60 sampai 66,60 dengan angka rata-rata $62,33 \pm 4,41$.

Hasil uji statistik terhadap jumlah sel spermatid pada tubulus seminiferus antara kelima kelompok mencit diatas, - dengan memakai analisa varian dilanjutkan dengan uji beda nyata jujur menurut metode Tukey (Steel dan Torrie, 1980) ternyata didapatkan adanya perbedaan yang sangat nyata ($P \leq 0,01$) antara kelompok kontrol dengan kelompok K_4 dan K_5 serta antara kelompok K_2 dengan kelompok K_5 (lihat lampiranVIII).

Terdapat perbedaan yang nyata ($P \leq 0,05$) antara kelompok kontrol dengan kelompok K_3 dan antara kelompok K_2 dengan kelompok K_4 , serta antara kelompok K_3 dengan kelompok K_5 (lihat lampiranVIII). Sedangkan antara kelompok kontrol (K_1) dengan kelompok K_2 dan antara kelompok K_2 dengan kelompok K_3 , antara kelompok K_3 dengan kelompok K_4 , serta antara kelompok K_4 dengan kelompok K_5 tidak terdapat perbedaan yang nyata ($P > 0,05$) (lihat lampiranVIII).

4.5. Jumlah sel spermatozoa pada tubulus seminiferus.

Hasil perhitungan jumlah sel spermatozoa yang terdapat dalam tubulus seminiferus dari testes mencit jantan sebagai akibat dari pengaruh pemberian sinar X dengan berbagai dosis penyinaran, hasilnya dapat dilihat pada tabel 6 dibawah ini.

Tabel 6. Hasil perhitungan sel spermatozoa pada tubulus seminiferus testes mencit kelompok 1 sampai kelompok 5.

No mencit	Jumlah sel spermatozoa				
	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
1.	50,80	47,60	49,80	48,00	46,80
2.	53,20	52,80	51,00	51,20	50,00
3.	49,20	48,20	46,80	41,20	41,20
4.	47,80	47,00	46,60	51,60	48,80
5.	53,40	53,60	53,20	51,20	46,00
6.	52,80	50,40	48,60	47,60	43,60
$\sum X$	307,20	299,60	296,00	290,80	276,40
\bar{X}	51,20	49,93	49,33	48,47	46,07
SE	2,33	2,79	2,55	3,96	3,26

Keterangan : K₁ adalah kelompok mencit tanpa diradiasi (Kontrol), sedang kelompok K₁, K₂, K₃, K₄ serta K₅ adalah kelompok mencit yang masing-masing memperoleh 50 rad, 100 rad, 150 rad dan 200 rad sinar X.

Pada tabel 6 dapat dibaca bahwa pada kelompok kontrol jumlah sel spermatozoa berkisar antara 47,80 sampai 53,40 dengan angka rata-rata $51,20 \pm 2,33$. Mencit kelompok dari K_2 jumlah sel spermatozoa berkisar antara 47,00 sampai 53,60 dengan angka rata-rata $49,93 \pm 2,79$. Mencit kelompok K_3 , jumlah sel spermatozoa berkisar antara 46,60 sampai 53,20 dengan angka rata-rata $49,33 \pm 2,55$, dan mencit kelompok K_4 jumlah sel spermatozoa berkisar antara 41,20 sampai 51,20 dengan angka rata-rata $48,47 \pm 3,96$ sedang kelompok mencit K_5 , jumlah sel spermatozoa berkisar antara 41,20 sampai 50,00 dengan angka rata-rata $46,07 \pm 3,26$.

Dari hasil uji statistik terhadap jumlah sel spermatozoa dalam tubulus seminiferus antara kelima kelompok mencit diatas, memakai analisa varian menurut Steel dan Torrie (1980), ternyata tidak didapatkan adanya perbedaan yang nyata dari jumlah sel spermatozoa antara kelima kelompok mencit diatas ($P > 0,05$) (lihat lampiran X).

Apabila hasil penelitian mengenai pengaruh pemberian sinar X pada beberapa tingkat dosis tunggal terhadap perubahan histologi testes mencit ini dimasukkan dalam bentuk tabel adalah sebagai berikut :

Tabel 7. Hasil pengamatan pengaruh pemberian sinar X pada beberapa tingkatan dosis tunggal terhadap perubahan histologis testes mencit.

Parameter	Dosis yang diberikan				
	0 rad	50 rad	100 rad	150 rad	200 rad
1. Diameter tubulus seminiferus. (dalam mikron).	87,72 ± 1,46 ^{**a}	81,25 ± 1,77 ^{**a}	75,00 ± 4,26 ^{**a}	63,75 ± 2,73 ^{**a}	50,98 ± 2,53 ^{**a}
2. Jumlah sel spermatogonium dalam tubulus seminiferus.	64,07 ± 0,81 ^{**a}	53,33 ± 2,53 ^{**a}	45,67 ± 3,45 ^{**a}	37,40 ± 1,46 ^{**a}	26,63 ± 0,98 ^{**a}
3. Jumlah sel spermatozit I dan II dalam tubulus seminiferus.	62,90 ± 2,69 ^{**a}	54,97 ± 2,75 ^{**a}	48,37 ± 1,89 ^{**a}	43,70 ± 1,01 ^{**a}	38,97 ± 1,57 ^{**a}
4. Jumlah sel spermatid dalam tubulus seminiferus.	80,33 ± 4,35 ^{**a}	76,20 ± 5,18 ^{**b}	71,43 ± 4,60 ^{**c}	67,13 ± 2,94 ^{**c}	62,33 ± 4,41 ^{**d}
5. Jumlah sel spermatozoa dalam tubulus seminiferus	51,20 ± 2,33	49,93 ± 2,79	49,33 ± 2,55	48,47 ± 3,96	46,07 ± 3,26

Keterangan : ** dengan huruf yang sama dan pada baris yang sama berarti berbeda sangat nyata untuk tingkat kepercayaan 1 % ($P \leq 0,01$).

* dengan huruf yang sama dan pada baris yang sama berarti berbeda nyata untuk tingkat kepercayaan 5 % ($P \leq 0,05$).

BAB V

PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian tentang pengaruh pemberian radiasi sinar X terhadap perubahan histologi testes yang berasal dari kelima kelompok mencit yang masing-masing memperoleh 0 rad (kontrol), 50 rad, 100 rad, 150 rad dan 200 rad sinar X, dilakukan dengan satu kali penyinaran pada seluruh tubuh mencit, ternyata dengan pemberian 50 rad sinar X sudah mampu menimbulkan pengaruh yang sangat nyata terhadap pengecilan diameter tubulus seminiferus testes mencit. Makin besar daya penyinarannya, makin nyata pula penurunan diameter tubulus seminiferusnya. Hal ini sesuai dengan sifat sinar X yang mampu menimbulkan ionisasi dan eksitasi terhadap sel yang dilaluinya sehingga sel tersebut mengalami pengecilan ataupun kerusakan (Minkler dkk., 1971 ; Clark, 1975). Dalam hal ini sinar X menimbulkan hambatan terhadap proses mitosis dan meiosis sel germinatif, sehingga sel tersebut terhambat pendewasaannya dan berkurang jumlahnya. Karena adanya pengecilan sel-sel dinding tubulus seminiferus mengakibatkan pula pengecilan dari diameter tubulus seminiferus (Oakberg yang dikutip oleh Minkler dkk., 1971 ; Steinberger, 1978).

Sementara itu bila diperhatikan antara semua kelompok yang memperoleh penyinaran, seperti dapat dilihat pada tabel 7, dibandingkan dengan kelompok kontrol yang tidak

memperoleh penyinaran, maka penyinaran sebanyak 50 rad, 100 rad, 150 rad dan 200 rad sinar X masing-masing dapat memperkecil diameter tubulus seminiferus sebesar $6,47\%$, $12,72\%$, $23,97\%$ dan $36,74\%$. Penurunan diameter tubulus seminiferus ini adalah sangat nyata ($P \leq 0,01$). Ini berarti setiap peningkatan 50 rad sinar X yang diberikan maka diameter tubulus seminiferus semakin mengecil. Hal ini menunjukkan juga semakin banyaknya sel germinatif yang mengalami kerusakan sehingga dapatlah ditarik suatu kesimpulan bahwa dengan semakin besarnya dosis sinar X yang diberikan, semakin banyak pula sel germinatif yang mengalami kerusakan (Garner, 1967).

Sel spermatogonium sebagai bagian dari germinal epitelium juga mengalami penurunan jumlah, sebagai akibat pemberian sinar X. Dari gambaran histologik irisan tubulus seminiferus, penurunan jumlah sel spermatogonium akibat penyinaran 50 rad, 100 rad, 150 rad dan 200 rad dilihat pada gambaran histologik irisan tubulus seminiferus dari testes masing-masing adalah 11,74 sel, 18,40 sel, 26,67 sel dan 37,44 sel dibandingkan dengan kelompok mencit yang tidak memperoleh penyinaran. Penurunan jumlah sel spermatogonium ini adalah sangat nyata ($P \leq 0,01$). Hal ini sesuai dengan sifat sel spermatogonium yang masih tergolong sel bersifat embrional sehingga sangat peka terhadap pengaruh radiasi sinar X. Kenyataan ini sesuai dengan pernyataan Bergonie dan Tribondeau yang dikutip oleh Garner (1967) bahwa makin muda suatu sel atau semakin aktif suatu sel berproliferasi, maka makin peka sel tersebut terhadap radiasi pengion. Adapun

pernyataan Garner (1967) sebagaimana dijelaskan di depan berlaku juga terhadap pengurangan jumlah sel spermatogonium, untuk setiap peningkatan pemberian 50 rad sinar X.

Hal yang sama juga dialami oleh sel spermatosit I dan II, karena pada pemberian 50 rad sinar X dapat menyebabkan terjadinya pengurangan jumlahnya yang sangat nyata. Makin tinggi dosis sinar X yang diberikan, makin banyak pula timbulnya kerusakan pada sel spermatosit I dan II. Hal ini terjadi karena sel spermatosit I dan II masih tergolong sel yang masih peka terhadap pengaruh radiasi pengion setelah sel spermatogonium. Kenyataan ini sesuai dengan pernyataan Jones dan Smith (1979) bahwa sel germinatif akan mengalami kerusakan oleh radiasi pengion, terutama sel spermatogonium dan sel spermatosit, sedang pengaruhnya terhadap kerusakan sel spermatozoa agak berkurang. Sementara itu bila diperhatikan antara semua kelompok pada tabel 7 , kelihatan bahwa setiap peningkatan 50 rad pemberian sinar X, semakin banyak pula sel spermatosit I dan II yang mengalami kerusakan, sehingga jumlahnya semakin berkurang. Adapun besarnya penurunan jumlah sel spermatosit I dan II pada gambaran histologik tiap irisan tubulus seminiferus dari kelompok mencit yang masing-masing memperoleh penyinaran 50 rad, 100 rad, 150 rad dan 200 rad sinar X, masing-masing adalah sebanyak 7,93 sel, 14,53 sel, 19,20 sel dan 23,93 sel. Kenyataan ini semakin memperkuat pernyataan Garner (1967) bahwa semakin besar dosis sinar X yang diberikan maka semakin banyak pula kerusakan sel germinatif yang ditimbulkannya.

Namun kenyataan yang diperoleh sel spermatid dari penelitian ini menunjukkan bahwa pada pemberian 50 rad sinar X atau setiap peningkatan 50 rad sinar X yang diberikan secara uji statistik tidak menunjukkan adanya penurunan jumlah sel spermatid yang nyata, walaupun pada daftar tabel 7 terlihat adanya perbedaan dalam angka yaitu antara kelompok yang memperoleh penyinaran 50 rad dibandingkan dengan kelompok kontrol mengalami penurunan dalam jumlah sebanyak 4,13 sel, juga antara kelompok 50 rad dengan kelompok 100 rad, antara kelompok 100 rad dengan 150 rad, serta antara kelompok 150 rad dengan kelompok 200 rad, masing-masing mengalami penurunan jumlah sel spermatid yang tidak berarti sebanyak 4,77 sel, 4,30 sel, serta 4,80 sel.

Penurunan jumlah sel spermatid yang nyata terjadi pada pemberian sinar X pada dosis 100 rad atau setiap peningkatan 100 rad pemberian sinar X. Hal ini dialami oleh sel spermatid antara kelompok mencit yang tidak memperoleh penyinaran dengan kelompok yang memperoleh 100 rad sinar X, antara kelompok 50 rad dengan kelompok 150 rad, serta antara kelompok 100 rad dengan kelompok 200 rad sinar X, masing-masing mengalami penurunan jumlah sel spermatid yang berarti yaitu sebanyak 8,90 sel, 9,07 sel, serta 9,10 sel, sedangkan penurunan jumlah sel spermatid yang sangat nyata terjadi pada pemberian sinar X dengan dosis 150 rad atau lebih. Kejadian ini dialami oleh kelompok mencit antara yang memperoleh 150 rad dan 200 rad sinar X dibandingkan dengan kelompok mencit yang tidak memperoleh penyinaran yaitu masing-masing sebanyak 13,20 sel dan 18,00 sel. Penurunan yang sangat nyata

juga ditemukan pada jumlah sel spermatid antara kelompok mencit yang memperoleh 200 rad sinar X dibandingkan dengan kelompok yang memperoleh 50 rad sinar X yaitu sebanyak 13,87 sel. Hal ini sesuai dengan tingkatan difrensiasi sel spermatid pada proses spermatogenesis. Selama proses tersebut sel spermatogonium mengalami pengurangan dalam jumlah kromosome, sehingga pada sel spermatid didapatkan jumlah kromosome yang haploid (n). Kejadian ini menyebabkan pula kepekaan sel spermatid terhadap pengaruh radiasi pengion (sinar X) menempati posisi setelah sel spermatogonium dan sel spermatosit I dan II (Cipollaro dan Crossland, 1967). Kenyataan yang dicapai dari hasil penelitian ini sesuai pula dengan pernyataan Oakberg, yang dikutip oleh Monesi (1962) bahwa kandungan kromosome dalam sel yang berbeda menyebabkan pula tidak samanya tanggapan sel terhadap radiasi pengion.

Lain lagi kenyataan yang diperoleh oleh sel spermatozoa. Pada tabel 7 walaupun terlihat adanya perbedaan dalam angka dari jumlah sel spermatozoa, tetapi dengan uji statistik ternyata tidak didapatkan adanya perbedaan yang nyata dari jumlah sel spermatozoa yang ada di dalam tubulus seminiferus antara semua kelompok yang diteliti. Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa sel germinatif dari testes yang paling resisten terhadap pengaruh radiasi pengion adalah sel spermatozoa. Kenyataan ini tidak bertentangan dengan hasil penelitian William dan Cox (1961), bahwa pemberian sinar X secara langsung pada testes babi pada dosis 300 rad, selama 15 hari dari penyinaran dilakukan, jumlah sel spermato-

zoenya masih tetap dipertahankan adanya yaitu sebesar 88,4 % dibandingkan dengan jumlah sel spermatozoa dari kelompok kontrol yang tidak memperoleh penyinaran. Hal ini sesuai dengan tingkatan difrensiasi sel spermatozoa didalam proses spermatogenesis, yang menempati tahap akhir. Selama proses tersebut sel spermatozoa yang dibentuk dari sel spermatid lewat proses metamorfosa telah mengalami proses pepadatan dan pengurangan kandungan airnya (Cipollaro dan Crossland, 1967), sedang menurut Breazile (1971) bahwa selama proses spermatogenesis kandungan air sel spermatogonium yang semula 90 % dari bagian selnya, akan mengalami proses penurunan jumlah air pada sel germinatif lain yang dibentuknya, sehingga pada sel spermatozoa sebagai sel germinatif tahap akhir mempunyai kandungan air sebanyak 50 % dari kandungan selnya. Dikaitkan dengan pernyataan yang dikemukakan oleh Mincler dkk. (1971) bahwa kandungan air yang terdapat di dalam suatu sel, ikut serta berperan dalam penentuan kepekaan sel terhadap pengaruh radiasi pengion (sinar X), karena semakin banyak air yang dikandung oleh suatu sel, maka makin banyak pula terbentuknya radikal H^{\bullet} dan OH^{\bullet} , sehingga dengan banyaknya radikal bebas yang terbentuk tersebut akan banyak pula reaksi yang ditimbulkannya terhadap bagian sel lainnya. Akibat reaksi tersebut maka sel tidak berfungsi sebagaimana mestinya, yang pada akhirnya sel tersebut akan mengalami kerusakan atau kematian.

Dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa urutan sel germinatif yang peka terhadap radiasi pengion adalah sel spermatogonium, sel spermatosit I dan II, sel spermatid, serta

sel spermatozoa. Faktor yang menyebabkan perbedaan kepekaan tersebut adalah berdasarkan kandungan DNA yang dikandung oleh masing-masing sel germinatif tersebut. Menurut Leuchtenberger yang dikutip oleh Djanuar (1985) menyatakan bahwa pada pejantan normal kandungan DNA di dalam sel spermatogonium, sel spermatosit I, sel spermatosit II dan sel spermatid berbanding 4 : 4 : 2 : 1. Hal ini sesuai dengan pernyataan Junqueira dan Carneiro (1977) bahwa jumlah DNA pada proses mitosis sel spermatogonium menjadi sel spermatosit I adalah tetap berjumlah 4 N karena adanya fase sintesa DNA (fase S), sedangkan pada proses meiosis dari sel spermatosit I menjadi sel spermatosit II dan dari sel spermatosit II menjadi sel spermatid terjadi pengurangan jumlah kromosome (pada manusia dari 46 kromosome menjadi 23 kromosome) diikuti pula oleh pengurangan jumlah DNA per sel (dari 4 N menjadi 2 N pada meiosis sel spermatosit I menjadi sel spermatosit II, dan dari 2 N menjadi 1 N pada meiosis dari sel spermatosit II menjadi sel spermatid). Pengurangan jumlah DNA ini terjadi disebabkan tidak adanya fase sintesa DNA (fase S) pada proses meiosis pertama dan kedua dari sel spermatosit.

Pada penelitian ini, kepekaan sel spermatosit I dan II terhadap pengaruh radiasi pengion (sinar X) tidak dibedakan karena dilakukan perhitungan bersama. Hal ini dilakukan karena sel spermatosit II sukar ditemukan dalam potongan tubulus seminiferus testes, karena mereka berada dalam fase interfase yang sangat singkat dan secara cepat masuk

dalam proses pembelahan meiosis kedua untuk menjadi sel spermatid (Junqueira dan Carneiro, 1977). Berdasarkan jumlah kandungan DNA yang dikandung oleh sel spermatosit I lebih banyak bila dibandingkan dengan yang dikandung sel spermatosit II, maka sel spermatosit I lebih peka terhadap pengaruh radiasi pengion (sinar X) dari pada sel spermatosit II.

Kenyataan diatas sesuai dengan teori Target, yang dikemukakan oleh Casarett (1968) bahwa di dalam sistim biologi molekul DNA merupakan target utama bagi radiasi pengion. Bentuknya merupakan spiral ganda rangkaian polinukleotida dan tersusun atas 4 macam nukleotida, setiap satuan nukleotida terdiri atas komponen dasar purin dan pirimidin, gula pentosa (ribosa dan deoksiribosa) dan fosfat. Teori yang dikemukakan Casarett tersebut diperkuat lagi oleh pernyataan beberapa ahli, seperti yang dikutip oleh Suhadi (1976) dibawah ini :

1. Adanya bukti kepekaan terhadap radiasi pengion dari DNA yang mengandung timin dan timidin dalam macam-macam sistim biologi termasuk di dalamnya sel mamalia dan bakteri, sedangkan RNA dapat dianggap bukan merupakan target radiasi pengion (sinar X) (Hitching, 1945).
2. Diantara makro molekul, proses pembentukan DNA adalah paling peka terhadap radiasi pengion (Suhadi, 1971).
3. Dengan cara radiasi yang diarahkan pada sitoplasma ternyata untuk membunuh sel hidup dibutuhkan dosis yang lebih besar bila dibandingkan radiasi pada inti sel (Zirkle, 1957).

4. Adanya korelasi positif kepekaan radiasi pengion terhadap tingkatan organisme yaitu dari virus sampai sel mamalia terhadap kandungan DNA (Kaplan dan Zavarine, 1962).
5. Radiasi pengion merupakan mutagenik yang mampu menghasilkan kerusakan pada DNA dan penyimpangan pada kromosome (Wolff dan Witkin, 1961).

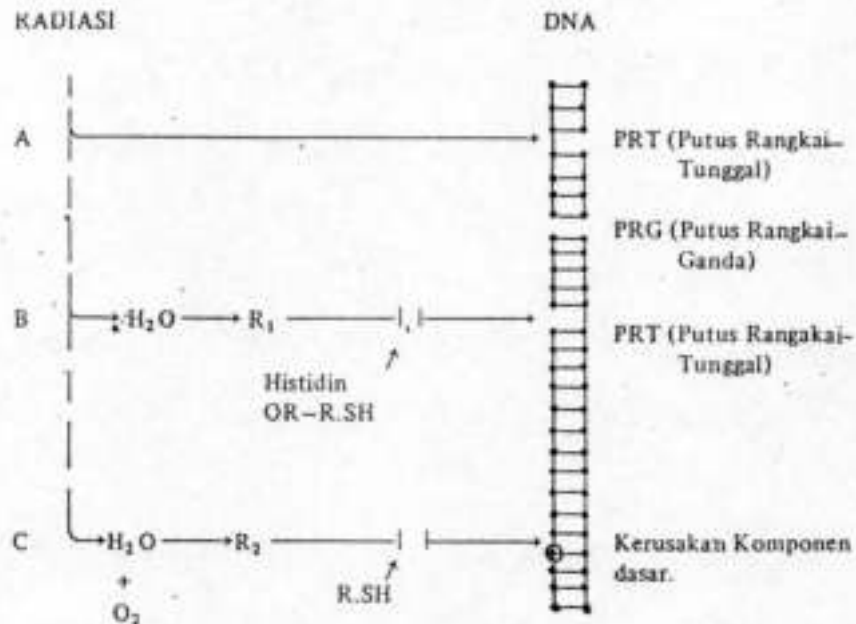
Pengaruh radiasi pengion terhadap DNA, disamping DNA akan kehilangan sifat aktifitas transformasi juga mengakibatkan perubahan pada sifat fisik dan kimia, yaitu kekentalan (Viskositas) dan berat molekulnya (Freifelder yang dikutip Suhadi, 1976).

Adapun menurut Ebert dan Howart (1963) yang dikutip Suhadi (1976) bahwa radiasi pengion dapat menyebabkan molekul DNA mengalami hal sebagai berikut :

- a. Perubahan pada komponen dasarnya melalui proses deaminasi dan peroksidasi).
- b. Hilangnya suatu komponen dasar.
- c. Putusnya ikatan hidrogen.
- d. Putusnya rangkaian tunggal DNA (single stranded DNA).
- e. Putusnya rangkaian ganda DNA (double stranded DNA).

Diantara kerusakan-kerusakan DNA, yang paling fatal terhadap sel adalah putusnya rangkaian ganda DNA. Akibat putusnya rangkaian ganda tersebut, maka berat molekul DNA sel mengalami penurunan (Ebert dan Howard, 1963 yang dikutip oleh Suhadi, 1976).

Kerusakan DNA akibat radiasi langsung maupun tidak langsung dilukiskan seperti pada gambar 7 dibawah ini :



Gambar 7. Kerusakan DNA akibat radiasi secara langsung (A), tak langsung tanpa O_2 (B), tak langsung dengan adanya O_2 (C). (Sumber : Freifelder yang dikutip oleh Suhadi, 1976).

Tiga macam mekanisme radiasi dapat dibedakan sebagai berikut :

1. Reaksi A : Pengaruh radiasi langsung mengakibatkan putusnya ikatan ester fosfat yang dapat menghasilkan putusnya rangkaian tunggal atau putusnya rangkaian ganda DNA.
2. Reaksi B : Pengaruh tidak langsung yang tidak tergantung adanya O_2 . Terjadinya kerusakan melalui perantara radikal R_1 yang menghasilkan putusnya rangkaian tunggal atau rangkaian ganda DNA. Kerusakan dapat dihindari dengan jalan penam-

bahan histidin atau senyawa yang mengandung ikatan SH.

3. Reaksi C : Pengaruh radiasi tidak langsung, yang terjadinya melalui perantaraan radikal R_2 , dimana prosesnya diperlukan adanya O_2 . Pengaruhnya menyebabkan kerusakan atau modifikasi kimia pada komponen dasar pirimidin (timin, sitosin). Kerusakan dapat dikurangi dengan meniadakan O_2 atau dengan penambahan senyawa yang mengandung ikatan SH, tapi bukan dengan histidin.

Banyak pula peneliti yang telah menyelidiki tentang pengaruh radiasi pengion (sinar X) yang mengganggu perjalanan normal proses mitosis. Menurut Pizzarello dan Witkowski (1967), besar kecilnya gangguan pada mitosis bergantung pada tingkat mana proses mitosis tersebut sedang berlangsung. Apabila radiasi diberikan pada sel yang sedang dalam mitosis sampai pada tingkat profase pertengahan hingga profase lanjut, tidak akan menghambat pembelahan sel tadi, sehingga mitosis dapat berlangsung terus dengan sempurna, tetapi pada tingkat interfase atau hampir memasuki profase, sel itu akan dihambat untuk melanjutkan proses pembelahannya; sedangkan pada tingkat profase dini akan mengakibatkan berhentinya proses itu dan bahkan akan menyebabkan kembalinya sel ke dalam tingkat interfase. Lain lagi yang dikatakan oleh Baldwin (dikutip Soegiarto, 1970) bahwa tingkat metafase adalah tingkat yang paling menderita oleh radiasi, artinya bahwa fase ini yang akan tertahan

oleh radiasi yang diterima sel sebelumnya, sedang lamanya hambatan pada mitosis tadi bergantung pada dosis radiasi yang diberikan. Dosis yang relatif kecil, akan memungkinkan diteruskannya mitosis sesudah masa hambatan itu dilampaui. Tetapi dosis yang besar dapat menghambat mitosis untuk jangka waktu cukup lama, bahkan menahannya secara permanen atau merusaknya sama sekali.

Pada umumnya dikatakan bahwa akibat radiasi pengion (sinar X) adalah kemandulan (sterilitas). Dalam pengertian umum yang disebut kemandulan adalah ketidak mampuan menimbulkan keturunan, atau dengan perkataan lain, tidak mampu memberikan suatu genome kepada angkatan berikutnya. Adapun mekanisme kemandulan oleh radiasi pengion terhadap sel kelamin jantan (sel generatif) adalah inaktifasi sel sperma, aspermia serta mutasi dominan letal (Lachance , 1967). Inaktifasi sel sperma sebagai akibat radiasi pengion (sinar X) dapat berupa hilangnya kemampuan untuk membuahi sel telur atau hilangnya daya geraknya. Hilangnya kemampuan ini sukar dilihat sesudah perlakuan, kecuali apabila dosis yang diberikan itu tinggi, melampaui dosis yang sudah mampu menghasilkan mutasi dominan letal (Soegiarto, 1974). Aspermia adalah keadaan dimana sel sperma masak (mature) tidak dihasilkan atau habisnya persediaan sel sperma tersebut, sedang produksi sel spermatozoa baru berikutnya tidak berlangsung. Dengan demikian jantan yang aspermik tidak mempunyai persediaan sel spermatozoa untuk dipindahkan kepada yang betina pada waktu kopulasi. Dalam hal ini pengaruh radiasi telah memutuskan daur spermatoge

nesis (Lachance, 1967).

Mutasi dominan letal adalah kelainan pada inti sperma atau sel telur yang akan mengakibatkan kematian pada zygot yang dihasilkannya, sekalipun faktor itu hanya di⁻andung oleh salah satu sel gamet yang melakukan perkawinan tersebut (Lachance dan Riemann, 1964). Gejala ini pertama kali dilaporkan oleh Muller (1954) ketika diketahuinya bahwa sinar X bersifat mutagenik. Pada dasarnya mutasi dominan letal tidak menghambat maturasi (pendewasaan) sel ger⁻minal yang mengandungnya menjadi gamet matang, dan tidak pula menghambat dibentuknya zygot oleh perkawinan gamet itu, melainkan menghindarkan zygot itu berkembang menjadi sempurna. Hambatan ini akan berakibat kematian zygot tersebut (L⁻achance, 1967).

Penyebab mutasi **dominan** letal secara umum diakui oleh banyak peneliti sebagai putusnya kromosome dalam inti zygot. Tetapi mungkin juga disebabkan oleh mutasi gen yang terjadi oleh pengaruh atau berupa penyimpangan pada tempat putusnya kromosome yang kemudian melakukan restitusi. Sebagai mana yang dikemukakan oleh Lachance (1967) bahwa perubahan-perubahan kromosome yang bersifat letal adalah :

1. Putusnya kromosome tunggal pada satu tempat menjadi fragmen-fragmen, dan tidak berhasilnya fragmen-fragmen itu melekat kembali satu dengan lainnya se⁻perti semula (restitusi), sebelum saat sel membe⁻lah diri. Pada waktu pembelahan sel, fragmen yang tidak mengandung sentromer akan tidak turut terta⁻rik oleh serabut sitoplasma (spindle) untuk di-

jadikan unsur inti anak, dan tetap terdapat di dalam sitoplasma; dengan demikian inti-inti anak akan bersusunan kromosome yang tidak utuh. Inti yang demikian tidak mampu untuk hidup terus.

2. Putusnya masing-masing anggota dari kromosome berpasangan, dan terjadinya translokasi antara fragmen-fragmen itu, sehingga disatu pihak terbentuk kromosome yang disentrik dan pada pihak lain kromosome yang asentrik. Pada waktu pembelahan sel, kromosome yang disentrik mungkin akan ditarik kearah kutub yang berlawanan, sehingga membentuk jembatan kromosome yang kemudian putus dan menghasilkan inti-inti baru yang bersusunan defisien pula, karena kromosome yang asentrik tetap akan diluar inti tersebut. Maka tanda terjadinya mutasi dominan letal adalah nampaknya secara khas jembatan-jembatan kromosome dan fragmen-fragmen kromosome diantara nuklei cleavage. Terbetuknya jembatan kromosome ini sudah cukup bersifat mematikan bagi sel yang mengandungnya.

Muller (1954) beranggapan bahwa kemungkinan sebab kematian zygot oleh sinar X adalah putusnya kromosome dan tidak terutama karena hilangnya fragmen kromosome. Pendapat Von Borstel dan Pardue (1956) bahwa kemungkinan dihasilkannya gejala mutasi dominan letal oleh perubahan-perubahan non kromosomal (misalnya terhambatnya/terputusnya proses sintesa DNA) kiranya tidak dapat diabaikan, karena kelainan kromosome yang mengarah kepada pembentukan jembat

an kromosome pada tarap cleavage dini dapat menghambat sintesa DNA secara langsung atau tidak langsung dalam perkembangan zygot selanjutnya. Yang pasti ialah bahwa untuk dapatnya zygot berkembang secara normal diperlukan tidak saja normalnya fungsi unsur-unsur genetiknya, tetapi juga berlangsungnya jadwal waktu yang ketat dan menyeluruh secara baik.

Pengaruh radiasi pengion dalam sel mengandung segi yang berhubungan dengan pengaruhnya pada sitoplasma juga. Memang benar bahwa differensiasi intraseluler menentukan fungsi inti sebagai pusat kegiatan pembelahan sel, sedang sitoplasma sebagai pusat kegiatan kehidupan. Tetapi keduanya berhubungan erat sekali, dan saling pengaruh mempengaruhi (Guyton, 1983). Dari sebab itu, kerusakan pada sitoplasma yang cukup besar akan berpengaruh pula pada inti, dan begitu sebaliknya pula.

Hubungan antara kedua bagian sel ini terhadap pengaruh radiasi pengion (sinar X) ialah disatu pihak sitoplasma menurunkan ketahanan inti terhadap radiasi (inti yang terisolasi dari sitoplasma lebih tahan dari pada inti yang tercampur dengan ekstrak sitoplasma atau di dalam sel yang utuh), tetapi dipihak lainnya sitoplasma dapat memberikan kemungkinan inti melakukan penyembuhan kerusakan, dimana inti menggunakan komponen-komponen sitoplasma untuk penyembuhan itu (Soegiarto, 1970).

Sehubungan dengan yang telah diuraikan diatas, berkurangnya sitoplasma merupakan faktor penting, yang turut menentukan kurang pekanya sel spermatozoa terhadap pengaruh radiasi pengion (sinar X). Hal ini sesuai dengan

sitoplasma yang terdapat pada sel spermatozoa sudah mengalami pengurangan selama proses spermiogenesis. Menurut Junqueira dan Carneiro (1977), sebelum menjadi sel spermatozoa, sitoplasma sel spermatid yang berlebihan dibuang sebagai bahan residu dan fragmen sitoplasma ini difagosit, dihancurkan, dan selanjutnya diserap oleh lisosome sel serotoli.

Beberapa peneliti melaporkan bahwa pada individu-individu yang lebih tua frekwensi terjadinya mutasi dominan letal pada sel sperma lebih tinggi daripada individu-individu yang lebih muda apabila keduanya mendapatkan dosis radiasi yang sama (Stromnaes dan Yanders, 1949 yang dikutip oleh Lachance, 1967).

Menurut North yang dikutip oleh Soegiarto (1970), bahwa faktor penting yang turut menentukan tinggi rendahnya kepekaan radiasi pengion terhadap sel generatif adalah sentromer yang terdapat pada kromosome. Pernyataan ini sekaligus menggugurkan pendapat beberapa kalangan yang mengira bahwa faktor yang menentukan kepekaan tersebut adalah kuantitas kromatin yang menyusun kromosome tersebut. North menunjukkan bahwa dua sel yang mengandung kromatin sama banyaknya tetapi berbeda jumlah kromosomnya, berbeda kepekaannya terhadap radiasi. Dengan demikian bukanlah kuantitas kromatin yang menentukan kepekaan sel tadi, melainkan banyaknya kromosome. Pendapat tersebut semakin memperteguh pernyataan Oakberg, yang dikutip oleh Monesi (1962) bahwa kandungan kromosome dalam sel yang berbeda menyebabkan

pula tidak samanya tanggapan sel terhadap radiasi pengion. Dari pernyataan diatas dapatlah dimengerti bahwa sel-generatif tingkat kepekaannya terhadap pengaruh radiasi pengion (sinar X) berurutan, menurut kandungan jumlah kromosome yang dimilikinya. Kenyataan ini sesuai dengan hasil penelitian yang telah dicapai, dengan urutan kepekaan sel generatif mulai dari yang lebih peka yaitu : sel spermatogonium, sel spermatosit I, sel spermatosit II, sel spermatid, serta sel spermatozoa.

Pada penelitian ini juga telah membuktikan pernyataan dari Ferroux dkk, yang dikutip Kohn (1955) bahwa pemberian radiasi sinar X dibawah 130 rad dapat menyebabkan kerusakan pada sel generatif dari testes. Dalam hal ini termasuk didalamnya sel spermatogonium, sel spermatosit I dan II, sel spermatid, yang mengalami penurunan jumlah pada dosis dibawah 130 rad sinar X, tetapi tidak bagi sel spermatozoa. Memang sel spermatozoa tidak mengalami penurunan jumlah secara statistik tetapi tidak menutup kemungkinan terjadinya mutasi gen ataupun putusnya kromosome yang dikandungnya. Untuk itu maka perlu penelitian lebih lanjut terhadap perubahan-perubahan tersebut secara lebih mendalam .

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan.

Pemberian sinar X pada mencit jantan dengan dosis 50 rad, 100 rad, 150 rad dan 200 rad sinar X dapat mengakibatkan terjadinya perubahan gambaran histologi testesnya.

Perubahan-perubahan itu meliputi :

- a. Pengecilan diameter tubulus seminiferus dari testes mencit.
- b. Penurunan jumlah sel spermatogonium, jumlah sel spermatosit I dan II, jumlah sel spermatid yang ada di dalam tubulus seminiferus.

Sel germinatif dari testes yang paling peka terhadap radiasi pengion (sinar X) adalah sel spermatogonium, kemudian diikuti oleh sel germinatif lainnya seperti sel spermatosit I, sel spermatosit II, sel spermatid dan sel spermatozoa.

Semakin besar dosis sinar X yang diberikan, semakin banyak pula kerusakan sel germinatif yang ditimbulkannya, sehingga jumlah sel germinatif dari testes semakin berkurang, dan berakibat pula pengecilan dari diameter tubulus seminiferus.

2. Saran.

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh radiasi sinar X pada dosis dibawah 50 rad

sinar X terhadap jumlah sel germinatif dari testes mencit, terutama terhadap jumlah sel spermatogonium.

2. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh radiasi sinar X dengan dosis diatas 200 rad sinar X terhadap perubahan sel germinatif dari testes mencit, terutama terhadap jumlah sel spermatozoa.
3. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh radiasi pada hewan lainnya, terutama tentang pengaruh radiasi terhadap kualitas dan kuantitas air maninya.
4. Perlu dilakukan penelitian secara lebih mendalam tentang pengaruh radiasi pengion (sinar X) terhadap perubahan kromosome dan mutasi gen.

BAB VII

PINGKASAN

Dari penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh pemberian sinar X terhadap perubahan-perubahan histologi testes dari kelima kelompok mencit jantan yang berumur 6 sampai 7 minggu, dengan berat badan kurang lebih 20 sampai 23 gram, yang penyinarannya secara dosis tunggal pada seluruh tubuh mencit, hasilnya adalah sebagai berikut :

Pada diameter tubulus seminiferus antara masing-masing kelompok yang memperoleh 0 rad, 50 rad, 100 rad, 150 rad serta 200 rad sinar X didapatkan adanya perbedaan yang sangat nyata ($P \ll 0,01$).

Pada jumlah sel spermatogonium yang ada didalam tubulus seminiferus antara masing-masing kelompok yang memperoleh 0 rad, 50 rad, 100 rad, 150 rad serta 200 rad sinar X didapatkan adanya perbedaan yang sangat nyata ($P \ll 0,01$).

Pada jumlah sel spermatocyte I dan II yang ada didalam tubulus seminiferus antara masing-masing kelompok yang memperoleh 0 rad, 50 rad, 100 rad, 150 rad serta 200 rad sinar X didapatkan adanya perbedaan yang sangat nyata ($P \ll 0,01$).

Pada jumlah sel spermatid yang ada didalam tubulus seminiferus antara kelompok kontrol (0 rad sinar X) dengan kelompok yang masing-masing memperoleh 150 rad dan 200 rad sinar X, serta antara kelompok yang memperoleh 50 rad sinar X dengan kelompok yang memperoleh 200 rad sinar X didapatkan adanya perbedaan yang sangat nyata ($P \ll 0,01$).

Sedang antara kelompok kontrol (0 rad sinar X) dengan kelompok yang memperoleh 100 rad sinar X, antara kelompok yang memperoleh 50 rad sinar X dengan kelompok yang memperoleh 150 rad sinar X serta antara kelompok yang memperoleh 100 rad sinar X dengan kelompok yang memperoleh 200 rad sinar X ternyata didapatkan adanya perbedaan yang nyata ($P \leq 0,05$). Namun antara kelompok kontrol dengan kelompok yang memperoleh 50 rad sinar X, antara kelompok yang memperoleh 50 rad sinar X dengan kelompok yang memperoleh 100 rad sinar X, antara kelompok yang memperoleh 100 rad sinar X dengan kelompok yang memperoleh 150 rad sinar X, serta antara kelompok yang memperoleh 150 rad sinar dengan kelompok yang memperoleh 200 rad sinar X tidak didapatkan adanya perbedaan yang nyata ($P > 0,05$).

Pada jumlah sel spermatozoa yang ada didalam tubulus seminiferus antara masing-masing kelompok mencit yang memperoleh 0 rad , 50 rad, 100 rad. 150 rad dan 200 rad sinar X tidak didapatkan adanya perbedaan yang nyata ($P > 0,05$).

Dari hasil penelitian ini, dapat diketahui bahwa sel germinatif dari testes yang paling peka terhadap radiasi sinar X (radiasi pengion) adalah sel spermatogonium, selanjutnya diikuti oleh sel germinatif lainnya secara berurutan dari sel spermatosit I, sel spermatosit II, sel spermatid dan diakhiri oleh sel spermatozoa.

DAFTAR PUSTAKA

- Abraham, E.P. and R.J. Berry. 1970. Some biological effect radiant energy. In General Pathology. 4th. ed. W.B. Saunder Co. Philadelphia. p 391-398.
- Anonimus. 1986. Buku Statistik Peternakan. Direktorat Bina Program Direktorat Jenderal Peternakan Proyek Pengembangan dan Penyempurnaan Statistik Peternakan. Halaman 28.
- Bloom, W. and D.W. Fawcett. 1970. A Textbook of Histology. 9th. ed. W.B. Saunder Co. Philadelphia, Igaku Shoin Ltd. Tokyo. p 685-708.
- Bond, V.P. and T. Sugakawa. 1969. Comparative Cellular and Species Radiosensitivity. Igaku Shoin Ltd. Tokyo. p 312-318. ✓
- Borrelli, F.J. and M. Freund. 1964. The effect of X irradiation on male fertility in guinea pig. Radiation Research. Vol. 22. p 404-413.
- Breazile, J.E. 1971. Text Book of Veterinary Physiology. Lea and Febiger. Philadelphia. p 285-308.
- Casarett, A.P. 1968. Radiation Biology. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, New Jersey. p 136-148.
- Chesney, M.O. 1984. X ray tubes. In X ray equipment for student radiographers. 3th. ed. Blackwell Scientific. Oxford, London, Edinburg, Boston, Melbourne. 17. p 209-294.
- Cipolallaro, A.C. and P.M. Croosland. 1967. Biological Effect of Radiation. In X ray and radium treatment of diseases of skin. Lea and Febiger. Philadelphia. 16 p 263-301. ✓
- Clarke, E.G.C. and M.L. Clarke. 1975. Radioaktif Material. In Veterinary Toxicology. Bailliere Tindall Printed. Great Britain. p 395-403.

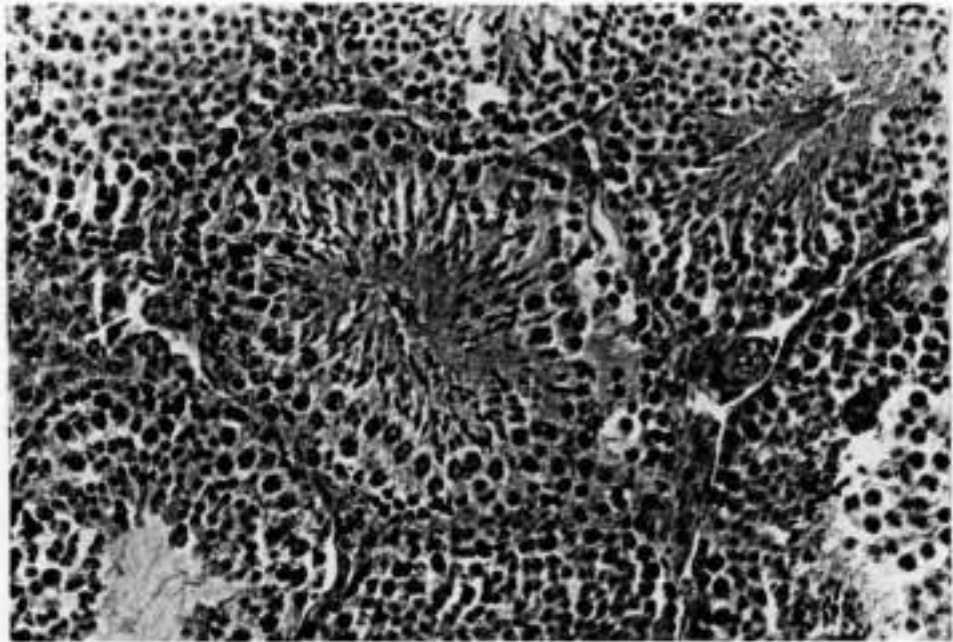
- Cole, H.H. and P.T. Cupps. 1977. *Reproduction in Domestic Animal*. 2nd. ed. Academic Press. New York, San Fransisco, London. p 229-239.
- Copenhaver, W.M.; D.E. Kelly and R.L. Wood. 1978. *Bailey's Text Book of Histology*. 7th. Asian Edition. The William and Wilkind Company. Baltimore Tokyo. p 611-625.
- Cowing, F. and L.C. Fogg. 1951. Biological effect of X irradiation. *American Journal Medicine*. 12 p 245-247.
- Djanuar, R. 1985. *Fisiologi Reproduksi dan Inseminasi Buatan pada Sapi*. Gajah Mada Press. Hal 201-213 227-237.
- Garner, R.J. 1967. Somatic effect of irradiation. In *Radiation Material*. Robert Mac Lehose Company. Great Britain 7 p 408-441.
- Greep, R.O. 1966. *Histology*. 2nd. ed. Mc Graw Hill Book Company. New York, London, Sydney, Toronto. p 704 - 713.
- Guyton, A.C. 1983. *Sel dan Fungsinya. Dalam Fisiologi Kedokteran*. Edisi 5. Bag. 2. C.V. EGC. Penerbit Buku Kedokteran. Jakarta. hal 15-33.
- Hafez, E.S.E. 1970. *Reproduction in Farm Animal*. Second Edition Lange Medical Publication. Los Atlos, California. p 704-713.
- Hafez, E.S.E. 1970. *Reproduction and Breeding Tehniques for Laboratory Animals*. Lea and Febiger. Philadelphia. p 28-36.
- Hanafiah, W.S. 1985. *Diagnosa dengan Teknik Nuklir*. Bulletin BATAN Vol. III. No. 3. hal. 5-7.
- Hardjopranjoto, S. 1981. *Physiologi Reproduksi*. Fakultas Kedokteran Hewan. Universitas Airlangga. p 59-90.

- Harrison, R.G. 1949. The Comparative Anatomy of Blood Supply on The Mammalian Testes. Proc. Zool. Soc. London. 119 p 325-344.
- Hutasoit, J.H.C. 1984 Pembangunan Sub Sektor Peternakan dan Perikanan Tahun I Pelita IV. Bahan Rapat Kerja dengan Komisi D.P.R. R.I. di Jakarta. Halaman 7-11.
- I.A.E.A. (International of Atomic Energy Association). 1968. Safety Serie. No. 25 Vienna p 16-18. ✓
- Ilyas, G. 1979. Radiologi dalam Pelayanan Kesehatan Masyarakat. Dalam Majalah Radiologi Indonesia. Tahun ke II. No. 3. Halaman 35-46.
- Jones, T.C. and H.A. Smith. 1979. Pathologic effect of ionizing radiation. In Veterinary Pathology: Lea and Febiger. 16 p 824-835.
- Jubb, K.V.F. and F.C. Kennedy. 1970. Pathology effects of ionizing radiation. In Pathology of Domestic Animals. Academic press New York, San Fransisco, London. 16 p 824-841.
- Junqueira, L.C. and J. Carneiro. 1977. Basic Histology. 2nd. ed. Lange Medical Publication. Los Atlos, California. p 412-422.
- Kaetsu, K. and M. Kumakura. 1984. Radiation Pretreatment of cellosic wastes in the presense of acid. Int. Journal Application Radiation Isotop. 35 p 66 - 82. ✓
- Kohn, H.I. 1955. On the direct and indirect of X rays on the testes of rat. Journal university of California Medicine. 56. p 153-155.
- Lachance, L.E. 1967. Genetics of Insect Vectort of Disea - ses. J.W. Wright and R. Pal. Eds, Elsevier, Amsterdam. p 617-620.
- Lachance, L.E. and J.G. Riemann. 1964. Mutation Research. Eds Elsievers, Amsterdam. p 318.

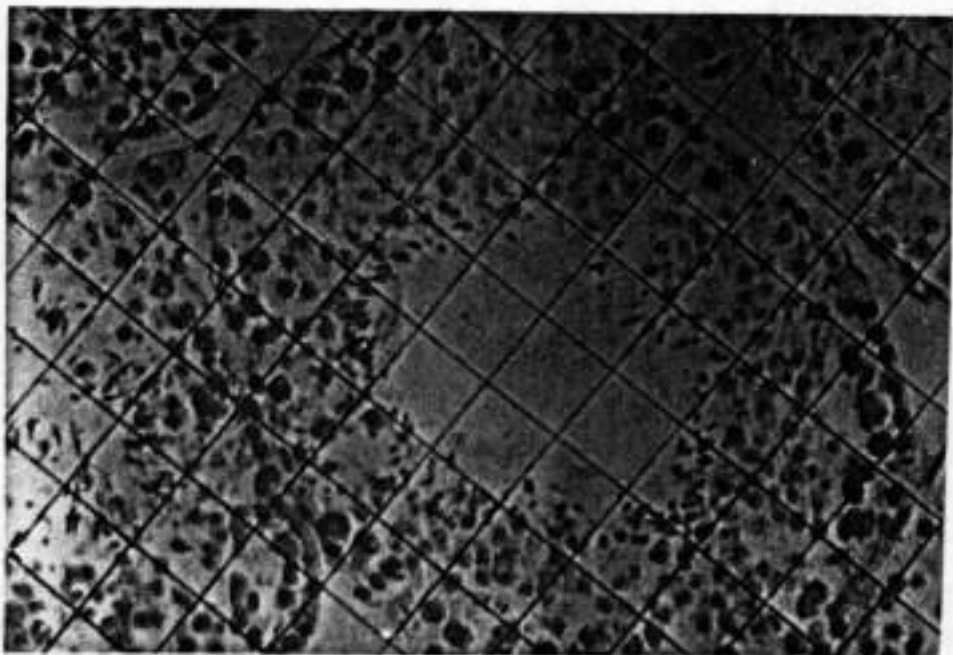
- Leeson, T.S. and C.R. Leeson. 1981. Histology. W.B. Saun-
der Company. Philadelphia. p 515-533.
- Lindsay, S.; K.W. Entwistk. and A. Winantea. 1982. Repro-
duction in Domestic Live stock in Indonesia. Pub
lished by The Australian Universities. p 2-16.
- Mincler, T.M.; Jeep; and B.A. Barol. 1971. Radiation Damage
In Pathobiology and Introduction. Toppan Company,
Ltd. 27 p 301-323.
- Monesi, V. 1962. Relation betwen X ray sensitivity and sta
ges of the cells cycle in spermatogonia of mouse.
In Radiation Research. Vol. 17. p 800-838.
- Morgan, J and Whelan. 1979. Recombinant DNA and genetic ex
perimentation. Pregmon Press, New York. p 66-82. ✓
- Muller, H.J. 1954. Radiation Biology. A Holl Gender, Ed.
Part I. Mc Graw Hill N. Y. p 351-353.
- Nickon, J.J. and H.N. Bane. 1979. Physiological effect of
radiation. In Radiation Hyegene Hand Book. Mc
Graw Hill Book Company. New York. 19 p 1-17. ✓
- Partodihardjo, S. 1980. Ilmu Reproduksi Hewan. Fakultas Ke
okteran Hewan. Institut Pertanian Bogor. Mutiara
Jakarta. Halaman 26-35.
- Pizzarello, D.J. and R.L. Witkowski. 1967. Basic Radiation
Biology. Lea and Febiger. Philadelphia. p 271-274.
- Radeleff, R.D. 1970. Radiation and Radiomimetic Compounds.
In Veterinary Toxicology. 2nd. Edition. Lea and
Febiger p 321-339. ✓
- Salisbury, G.W.; Van Demark and J.R. Lodge. 1978. Physiolo
gy of Reproduction and Artificial Insemination of
Cattle. 2nd. edition. Freeman Company. San Fran-
sisco. p 211-223.
- Satari, G. 1985. Aplikasi teknik nuklir dalam bidang perta
nian dan peternakan. Laporan Pertemuan Ilmiah Ap-
likasi Teknik Nuklir dalam Bidang Pertanian dan ✓

- Peternakan. Diselenggarakan oleh Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi LIPI, Juli 1985.
- Simon, G. 1981. Diagnostik Rontgen. Penerbit Erlangga Jakarta. Edisi II. Halaman 17-33.
- Soegiarto, C. 1970. Beberapa mekanisme kerusakan karena radiasi pada serangga tertentu. Pusat Penelitian Pasar Jumat, BATAN. Majalah BATAN Vol. IX. hal 23-31.
- Soegiarto, C. 1974. Tinjauan komperatif pada mutagenitas radiasi terhadap beberapa species Lepidoptera yang mempunyai arti penting dalam pertanian. Dalam Majalah BATAN Vol. VII. No. 4. Hal 42-50.
- Sofyan, R. 1985. Suatu tinjauan bioteknologi serta prospek penggunaan radiasi dalam pengembangannya. Bulletin BATAN Vol. V. No. 2 hal. 1-3. ✓
- Sorensen, A.M.J.R. 1979. Animal Reproduction Principles and Practices. Mc Graw Hill Publication In Agriculture Science. p 31-45.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1980. Principles and Procedures Statistics A Biometrical Approach. Mc Graw Hill. New York. p 137-238.
- Steinberger. 1978. The Etiology and Pathophysiology of testicular Dysfuction in Man. In Fertility and Sterility. Vol. 29. No. 5. p 481-489.
- Sudarsono, B. 1985. Aplikasi Tenaga Nuklir dalam Bidang Pertanian dan Peternakan. Dalam Sambutan Direktur Jendral BATAN pada Pertemuan Ilmiah Aplikasi Teknik Nuklir dalam Bidang Pertanian dan Peternakan. Dilaksanakan oleh Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi LIPI, pada bulan Juli 1985. ✓
- Suhadi, F. 1976. Pengaruh Radiasi Pengion Terhadap Bakteri. Majalah Batan Vol. IX. No. 3. Hal 44-55.

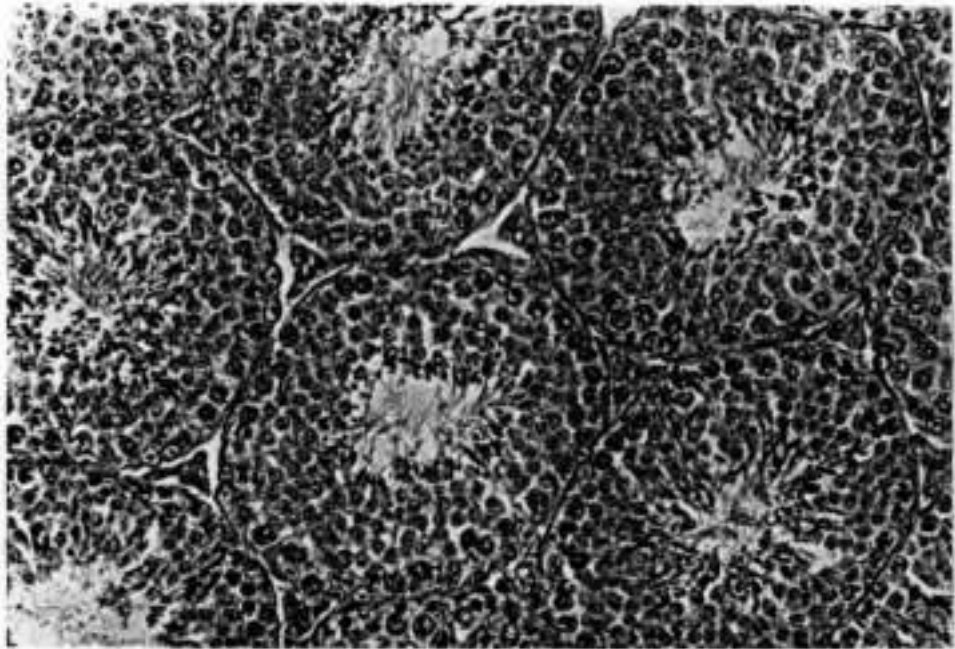
- Sutrisno. 1983. Sinar X. Dalam Fisika Dasar - Fisika Modern. Institut Tehnologi Bandung. ITB Press. Halaman 92 - 99.
- Suyitno, G. 1985. Aplikasi Radiasi dan Radioisotop Dalam Bidang Kedokteran. Bulletin BATAN Vol. VI. No. 4. Halaman 16-23. ✓
- Toelihere, M.R. 1981. Fisiologi Reproduksi pada Ternak. Penerbit Angkasa Bandung. Halaman 64-89.
- Von Borstel and M.L. Pardue. 1956. Genetics. Mc Graw Hill. New York. 41 p 665-668.
- William, R.L. and D.F. Cox. 1961. Sperm Production in Swine after Exposure to X irradiation. Radiation Research. Vol. 14 p 223-229.



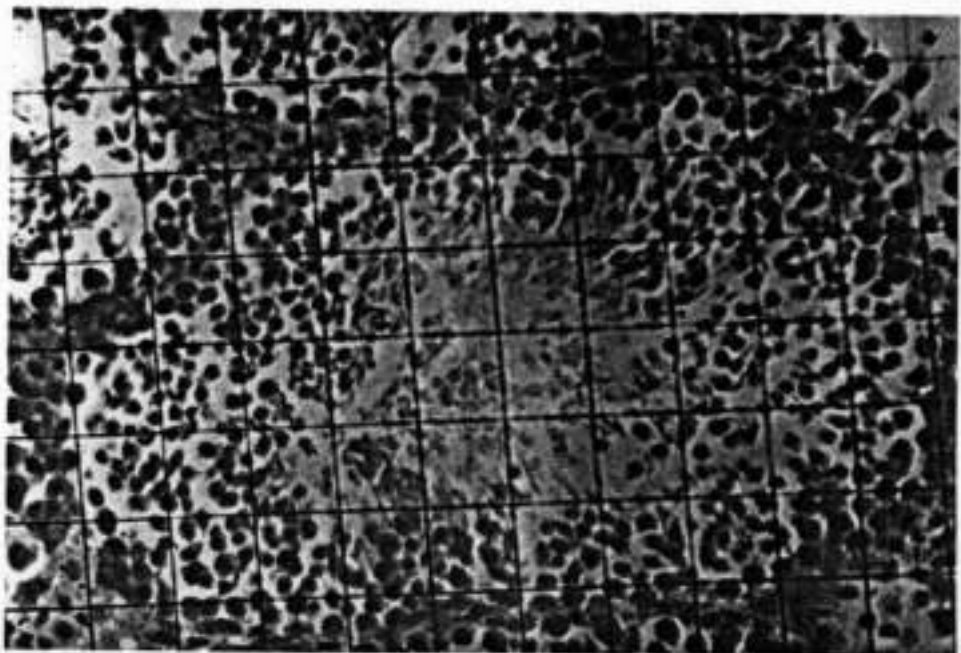
Gambar 8. Irisan melintang testes mencit kelompok kontrol dengan pewarnaan H.E. (100 X).



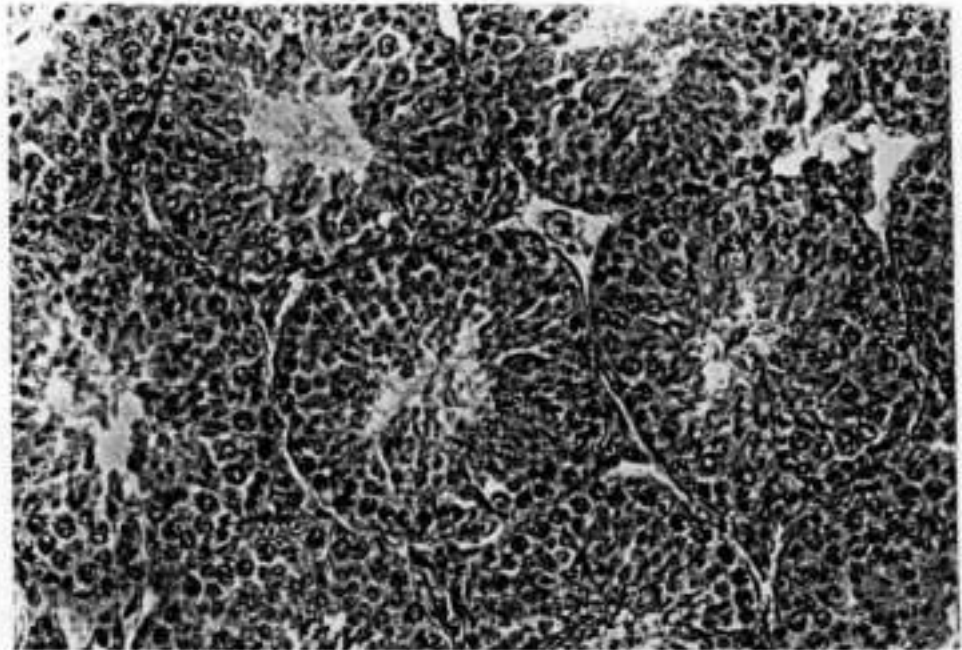
Gambar 9. Irisan melintang testes mencit kelompok kontrol dengan pewarnaan H.E. (400 X).



Gambar 10. Irisan melintang testes mencit yang memperoleh 50 rad sinar X dengan pewarnaan H.E. (100 X)



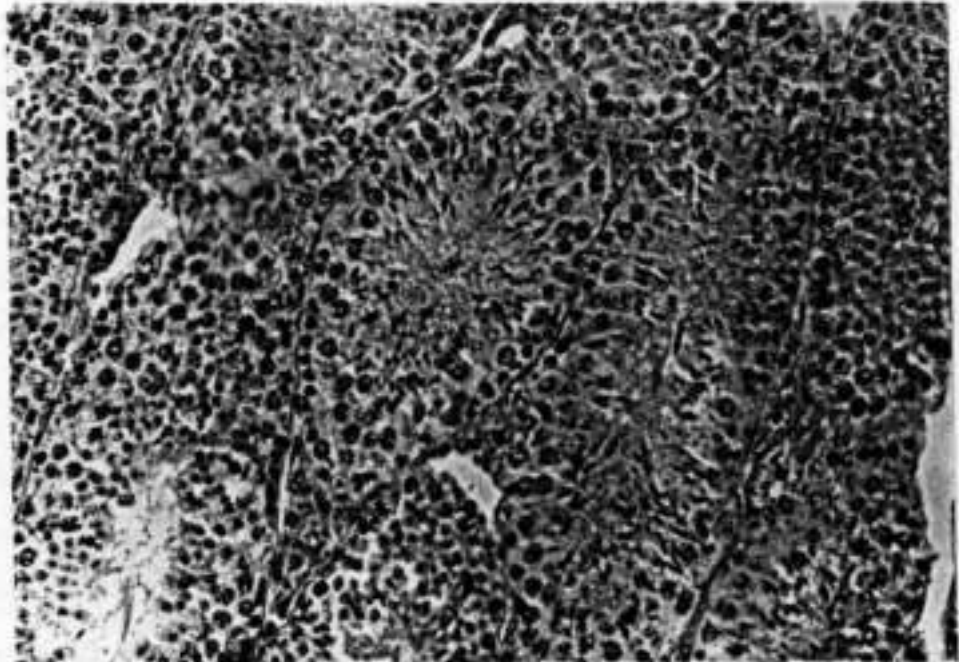
Gambar 11. Irisan melintang testes mencit yang memperoleh 50 rad sinar X dengan pewarnaan H.E. (400 X).



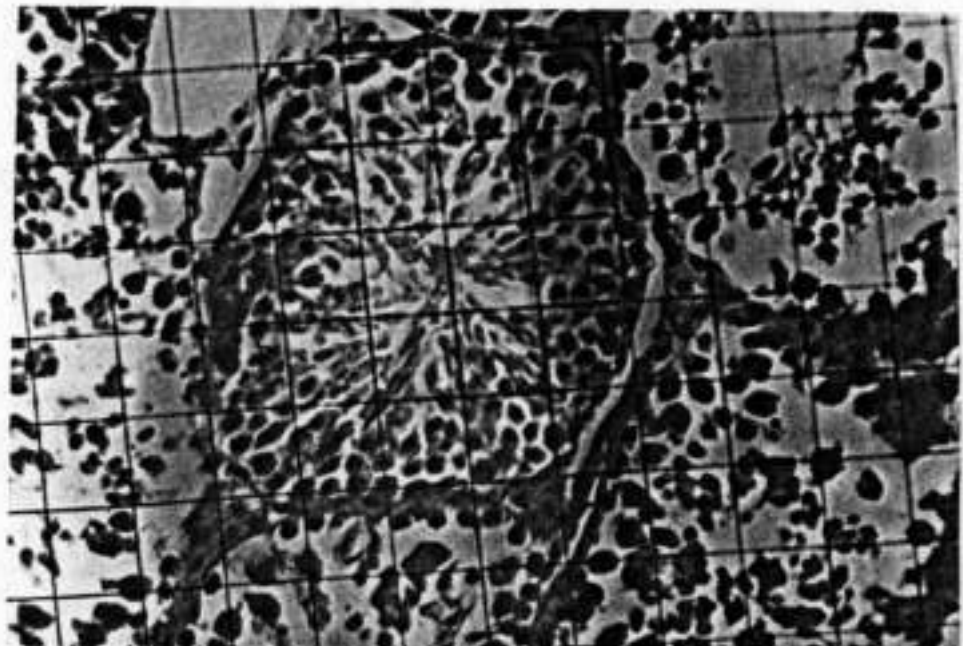
Gambar 12. Irisan melintang testes mencit yang memperoleh 100 rad sinar X dengan pewarnaan H.E. (100 X).



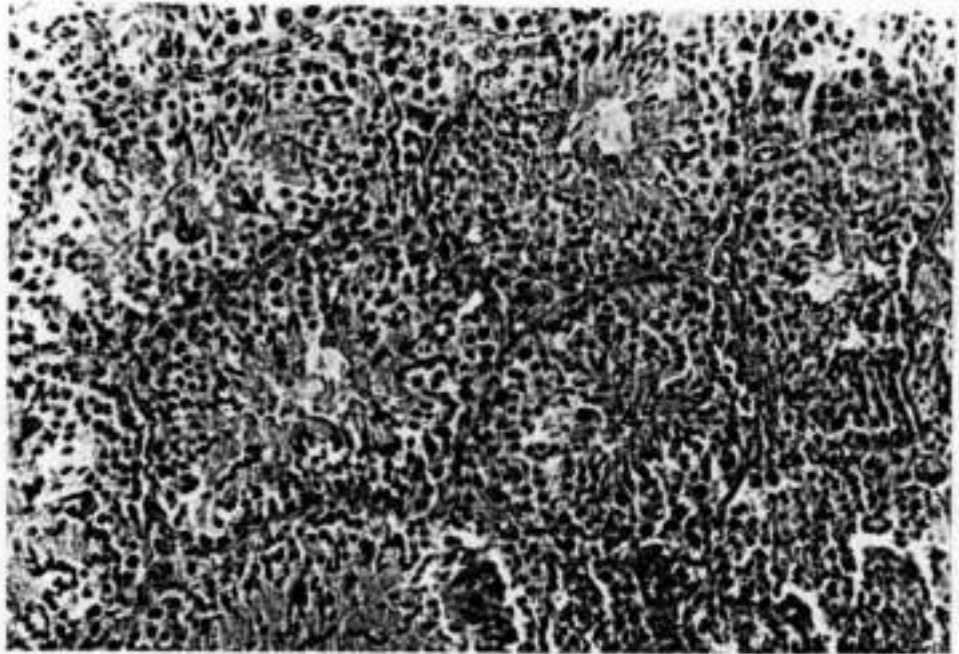
Gambar 13. Irisan melintang testes mencit yang memperoleh 100 rad sinar X dengan pewarnaan H.E. (400 X).



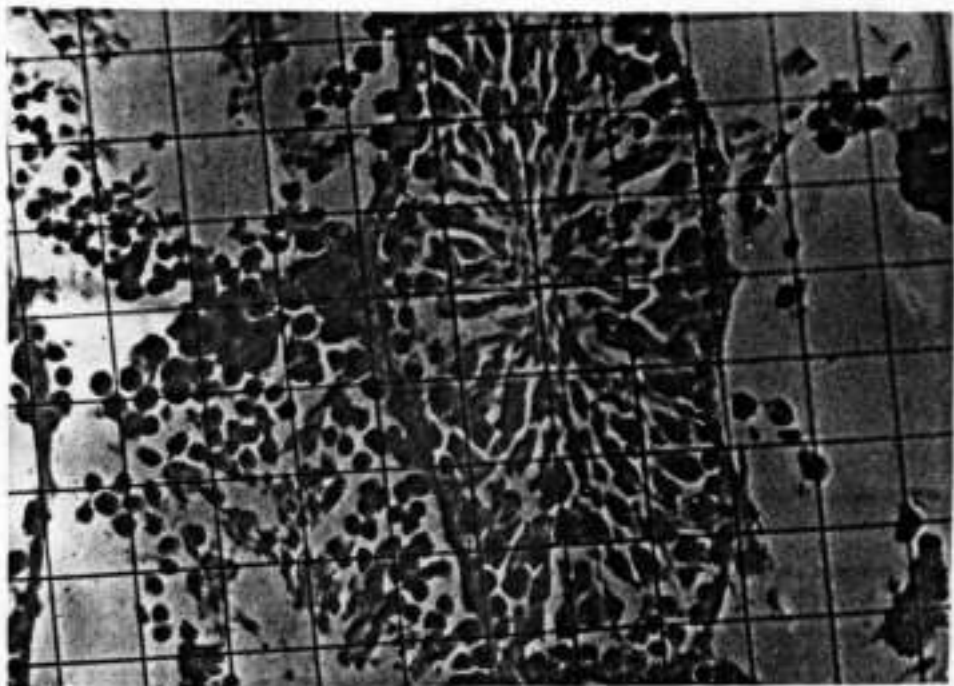
Gambar 14. Irisan melintang testes mencit yang memperoleh 150 rad sinar X dengan pewarnaan H.E. (100 X).



Gambar 15. Irisan melintang testes mencit yang memperoleh 150 rad sinar X dengan pewarnaan H.E. (400 X).



Gambar 16. Irisan melintang testes mencit yang memperoleh 200 rad sinar X dengan pewarnaan H.E. (100 X).



Gambar 17. Irisan melintang testes mencit yang memperoleh 200 rad sinar X dengan pewarnaan H.E. (400 X).

- L A M P I R A N -

Lampiran I. Hasil pengukuran diameter tubulus seminiferus dari testes mencit kelompok kontrol sampai kelompok yang memperoleh 200 rad sinar X.

No. Mencit		Diameter tubulus seminiferus (mikron).					
		1	2	3	4	5	Rata-rata
Kontrol	1.	87,50	81,50	93,75	87,50	87,50	87,55
	2.	93,75	87,50	81,25	87,50	93,75	88,75
	3.	87,50	87,50	87,50	93,75	93,75	90,00
	4.	93,75	87,50	81,25	87,50	81,25	86,25
	5.	93,75	93,75	87,50	81,25	81,25	87,50
	6.	93,75	81,25	81,25	87,50	87,50	86,25
50 rad.	1.	87,50	87,50	81,25	81,25	81,25	83,75
	2.	81,25	81,25	81,25	87,50	81,25	82,50
	3.	75,00	68,75	87,50	87,50	75,00	81,25
	4.	87,50	81,25	75,00	75,00	75,00	78,75
	5.	87,50	87,50	81,25	75,00	75,00	81,25
	6.	87,50	87,50	68,75	81,25	75,00	80,00
100 rad.	1.	81,25	75,00	75,00	75,00	81,25	77,50
	2.	75,00	75,00	81,25	81,25	81,25	78,75
	3.	75,00	75,00	75,00	75,00	81,25	76,25
	4.	62,50	62,50	75,00	75,00	62,50	67,50
	5.	81,25	81,25	75,00	75,00	75,00	77,50
	6.	75,00	75,00	62,50	75,00	75,00	72,50

Lanjutan Lampiran I.

No. Mencit		Diameter tubulus seminiferus (mikron)					
		1	2	3	4	5	Rata-rata
150 rad.	1.	68,75	62,50	62,50	62,50	62,50	63,75
	2.	62,50	62,50	62,50	56,25	68,75	62,50
	3.	56,25	56,25	65,50	62,50	62,50	60,00
	4.	68,75	62,50	62,50	62,50	56,25	62,50
	5.	62,50	56,25	75,00	62,50	75,00	66,25
	6.	75,00	62,50	75,00	62,50	75,00	67,50
200 rad.	1.	43,75	56,25	56,25	56,25	56,25	53,75
	2.	56,25	50,00	43,75	43,75	50,00	48,75
	3.	43,75	56,25	56,25	50,00	50,00	51,25
	4.	43,75	56,25	56,25	50,00	56,25	52,50
	5.	50,00	43,75	43,75	56,25	43,75	47,15
	6.	50,00	56,25	50,00	50,00	56,25	52,50

LAMPIRAN II. Evaluasi statistik diameter tubulus seminiferus dari testes mencit yang memperoleh 0 rad, 50 rad, 100 rad, 150 rad dan 200 rad sinar X.

$$JK_{\text{Total}} = \sum X_T^2 - \frac{(\sum X_T)^2}{t.n} = 159691,25 - \frac{(2152,20)^2}{30}$$

$$= 159691,250 - 154398,828 = 5292,422$$

$$JK_{\text{Perlakuan}} = \sum \frac{(\sum X_A)^2}{n_A} - \frac{(\sum X_T)^2}{t.n}$$

$$= \frac{(526,30)^2 + (487,50)^2 + \dots + (305,90)^2}{6}$$

$$154398,828 = 159504,833 - 154398,828$$

$$= 5106,005$$

$$JK_{\text{Sisa}} = JK_{\text{Total}} - JK_{\text{Perlakuan}}$$

$$= 5292,422 - 5106,005 = 186,417$$

$$db_{\text{Perlakuan}} = t - 1 = 5 - 1 = 4, \quad db_{\text{Sisa}} = t(n - 1)$$

$$= 5(6 - 1) = 25$$

$$KT_{\text{Perlakuan}} = JK_{\text{Perlakuan}} : db_{\text{Perlakuan}} = 5106,005 : 4$$

$$= 1276,501$$

$$KT_{\text{Sisa}} = JK_{\text{Sisa}} : db_{\text{Sisa}} = 186,417 : 25 = 7,457$$

$$F_{\text{Hitung}} = KT_{\text{Perlakuan}} : KT_{\text{Sisa}} = 1276,501 : 7,457 = 171,182$$

DAFTAR SIDIK RAGAM (ANALISA VARIAN)

Sumber keragaman	Derajat bebas (db)	Jumlah Kwadrat (JK)	Kwadrat Tengah (KT)	$F_{\text{Hit.}}$	F_{tabel} 0,05 0,01
Perlakuan	4	5106,005	1276,501	171,182	2,76 4,18
Sisa	25	186,417	7,457		
Total	29	5292,422			

Lanjutan LAMPIRAN II.

Hipotesa : H_0 : Perl.I = Perl.II = Perl.III = Perl.IV = Perl.V

H_a : Perl.I \neq Perl.II \neq Perl.III \neq Perl.IV \neq Perl.V

Oleh karena $F_{Hitung} (171,182) > F_{Tabel} 0,01 (4,18)$ maka H_0 ditolak sedang H_a diterima. Berarti ada perbedaan yang sangat nyata dari diameter tubulus seminiferus, sekurang-kurangnya pada satu pasang perlakuan. Untuk menentukan perlakuan mana yang berbeda sangat nyata tersebut maka perlu dilakukan dengan uji Beda Nyata Jujur menurut Tukey (Steel dan Torrie, 1980).

$$BNJ\ 5\% = Q\ 5\% (t, db_{Sisa}) \times \sqrt{\frac{KT_{Sisa}}{n}}$$

$$BNJ\ 1\% = Q\ 1\% (t, db_{Sisa}) \times \sqrt{\frac{KT_{Sisa}}{n}}$$

Diketahui $db_{Sisa} = 25$ dan $t = 5$, maka didapat harga $Q\ 5\%$ dalam tabel = 4,16 dan harga $Q\ 1\% = 5,17$

$$BNJ\ 5\% = 4,16 \times \sqrt{\frac{7,457}{6}} = 4,64$$

$$BNJ\ 1\% = 5,17 \times \sqrt{\frac{7,457}{6}} = 5,76$$

Rata-rata diameter tub. seminiferus	\bar{X}_I	\bar{X}_{II}	\bar{X}_{III}	\bar{X}_{IV}	\bar{X}_V
	87,72	81,25	75,00	63,75	50,98
\bar{X}_I	87,72	0	6,47**	12,72**	23,97**
\bar{X}_{II}	81,25		0	6,25**	17,50**
\bar{X}_{III}	75,00			0	11,25**
\bar{X}_{IV}	63,75				0
\bar{X}_V	50,98				
	BNJ 5% = 4,64		BNJ 1% = 5,76		

Keterangan : ** berarti berbeda sangat nyata untuk tingkat kepercayaan 1% ($P \leq 0,01$).

Lampiran III. Hasil perhitungan sel spermatogonium pada tubulus seminiferus dari testes mencit kelompok kontrol sampai kelompok yang diperoleh 200 rad sinar X.

No. Mencit		Jumlah sel spermatogonium pada tub. seminiferus					
		1	2	3	4	5	Rata-rata
Kontrol	1.	68	66	66	62	61	64,60
	2.	69	66	63	56	64	63,60
	3.	68	68	68	56	60	64,80
	4.	66	66	63	58	61	62,80
	5.	68	65	68	66	52	63,80
	6.	66	66	68	62	62	64,80
50 rad.	1.	56	58	57	52	56	55,80
	2.	47	48	60	53	41	49,80
	3.	48	54	54	56	58	54,00
	4.	42	56	46	50	52	49,20
	5.	48	50	60	56	46	52,00
	6.	46	60	58	50	52	53,20
100 rad.	1.	50	56	52	48	50	51,20
	2.	45	46	37	40	38	41,20
	3.	46	42	46	45	42	44,20
	4.	40	42	44	45	48	43,80
	5.	45	46	52	46	42	46,20
	6.	42	50	52	45	48	47,40

Lanjutan Lampiran III.

No. Mencit		Jumlah sel spermatogonium pada tub. seminiferus					
		1	2	3	4	5	Rata-rata
150 rad.	1.	37	38	40	44	32	38,20
	2.	36	39	36	32	30	34,60
	3.	36	40	36	37	38	37,40
	4.	39	37	39	37	36	37,60
	5.	35	37	36	39	42	37,80
	6.	40	41	38	37	38	38,80
200 rad.	1.	27	22	27	30	22	25,60
	2.	27	30	26	27	23	26,60
	3.	28	24	27	22	27	25,60
	4.	26	25	27	26	30	26,80
	5.	27	27	32	26	29	28,20
	6.	20	31	21	28	35	27,00

LAMPIRAN IV. Evaluasi statistik jumlah sel spermatogonium pada tubulus seminiferus dari mencit yang memperoleh 0 rad, 50 rad, 100 rad, 150 rad dan 200 rad sinar X.

$$\begin{aligned}
 JK_{\text{Total}} &= \sum X_T^2 - \frac{(\sum X_T)^2}{t.n} = 66331,160 - \frac{(1356,60)^2}{30} \\
 &= 66331,160 - 61345,452 = 4985,708 \\
 JK_{\text{Perlakuan}} &= \frac{\sum (X_A)^2}{6} - \frac{(\sum X_T)^2}{t.n} \\
 &= \frac{(384,40)^2 + (314,00)^2 + \dots + (159,80)^2}{6} - 61345,452 \\
 &= 66221,127 - 61345,452 = 4875,675 \\
 JK_{\text{Sisa}} &= 4985,708 - 4875,675 = 110,033 \\
 db_{\text{Perlakuan}} &= 5 - 1 = 4, \quad db_{\text{Sisa}} = 5(6 - 1) = 25 \\
 K^T_{\text{Perlakuan}} &= 4875,675 : 4 = 1218,919 \\
 K^T_{\text{Sisa}} &= 110,033 : 25 = 4,401 \\
 F_{\text{Hitung}} &= 1218,918 : 4,401 = 276,964
 \end{aligned}$$

DAFTAR SIDIK RAGAM (ANALISA VARIAN).

Sumber keragaman	Derajat bebas (db)	Jumlah Kwadrat (JK)	Kwadrat Tengah (KT)	F _{Hit.}	F _{Tabel}	
					0,05	0,01
Perlakuan	4	4875,675	1218,919	276,964	2,76	4,18
Sisa	25	110,033	4,401			
Total	29	4985,708				

Hipotesa : H_0 : Perl.I = Perl.II = Perl.III = Perl.IV = Perl.V
 H_a : Perl.I \neq Perl.II \neq Perl.III \neq Perl.IV \neq Perl.V

Lanjutan LAMPIRAN IV.

Oleh karena $F_{Hitung} (276,964) > F_{Tabel} 0,01 (4,18)$ maka H_0 ditolak sedang H_a diterima. Berarti ada perbedaan yang sangat nyata dari jumlah sel spermatogonium pada tubulus seminiferus, sekurang-kurangnya pada satu pasang perlakuan. Untuk menentukan perlakuan mana yang sangat berbeda nyata tersebut dilakukan uji Beda Nyata Jujur secara rukey (Steel dan Torrie, 1980).

$$BNJ 5\% = Q 5\% (t, db_{Sisa}) \times \sqrt{\frac{KT_{Sisa}}{n}}$$

$$BNJ 1\% = Q 1\% (t, db_{Sisa}) \times \sqrt{\frac{KT_{Sisa}}{n}}$$

Diketahui $db_{Sisa} = 25$ dan $t = 5$, maka didapatkan harga $Q 5\%$ dalam tabel = 4,16 dan harga $Q 1\% = 5,17$

$$BNJ 5\% = 4,16 \times \sqrt{\frac{4,401}{6}} = 3,56$$

$$BNJ 1\% = 5,17 \times \sqrt{\frac{4,401}{6}} = 4,43$$

Rata-rata jumlah sel spermatogonium	\bar{X}_I	\bar{X}_{II}	\bar{X}_{III}	\bar{X}_{IV}	\bar{X}_V	
	64,07	52,33	45,67	37,40	26,63	
\bar{X}_I	64,07	0	11,74**	18,40**	26,67**	37,44**
\bar{X}_{II}	52,33	0	6,66**	14,93**	25,70**	
\bar{X}_{III}	45,67	0	8,27**	19,04**		
\bar{X}_{IV}	37,40	0	10,77**			
\bar{X}_V	26,63	0				
	BNJ 5% = 3,56	BNJ 1% = 4,43				

Keterangan : ** Berarti berbeda sangat nyata untuk tingkat kepercayaan 1% ($P \leq 0,01$).

Lampiran V. Hasil perhitungan sel spermatosit I dan II pada tubulus seminiferus dari testes mencit kelompok kontrol sampai kelompok yang memperoleh 200 rad sinar X.

No.Mencit		Jumlah sel spermatosit I dan II pada tub. seminiferus.					
		1	2	3	4	5	Rata-rata
Kontrol	1.	75	69	66	64	39	62,60
	2.	71	63	55	53	52	58,80
	3.	68	66	62	61	53	62,00
	4.	79	73	59	57	53	64,20
	5.	72	72	56	52	62	62,80
	6.	67	78	67	65	58	67,00
50 rad	1.	62	46	53	62	58	56,20
	2.	54	52	56	56	61	55,80
	3.	56	56	58	53	59	56,40
	4.	52	54	42	49	59	51,20
	5.	56	51	56	51	46	52,00
	6.	53	58	67	59	54	58,20
100 rad	1.	37	49	56	46	41	49,80
	2.	48	58	40	52	48	49,20
	3.	40	44	51	48	64	49,40
	4.	42	53	49	38	45	45,40
	5.	42	40	53	56	42	46,60
	6.	49	46	41	57	56	49,80

Lanjutan Lampiran V.

No. Mencit		Jumlah sel spermatoosit I dan II pada tubulus seminiferus.					
		1	2	3	4	5	Rata-rata
150 rad	1.	30	48	52	48	36	42,80
	2.	52	37	50	40	42	44,20
	3.	35	45	40	40	60	44,00
	4.	45	40	40	42	45	42,40
	5.	48	55	45	36	34	43,60
	6.	48	48	40	45	45	45,20
200 rad	1.	35	42	34	38	36	37,00
	2.	45	39	34	34	49	40,20
	3.	39	44	38	39	40	40,00
	4.	44	27	34	43	46	38,80
	5.	40	46	27	41	32	37,20
	6.	43	42	39	39	40	40,60

LAMPIRAN VI. Evaluasi statistik jumlah sel spermatosit I dan II pada tubulus seminiferus dari mencit yang memperoleh 0 rad, 50 rad, 100 rad, 150 rad dan 200 rad sinar X.

$$\begin{aligned}
 JK_{\text{Total}} &= \sum X_T^2 - \frac{(\sum X_T)^2}{t.n} = 76580,12 - \frac{(1493,40)^2}{30} \\
 &= 76580,12 - 74341,452 = 2238,668 \\
 JK_{\text{Perlakuan}} &= \sum \frac{(\sum X_A)^2}{n_A} - \frac{(\sum X_T)^2}{t.n} \\
 &= \frac{(377,40)^2 + (329,80)^2 + \dots + (233,80)^2}{6} - 74341,452 \\
 &= 76471,020 - 74341,452 = 2129,568. \\
 JK_{\text{Sisa}} &= 2238,668 - 2129,568 = 109,100 \\
 db_{\text{Perlakuan}} &= 5 - 1 = 4, \quad db_{\text{Sisa}} = 5 (6 - 1) = 25 \\
 KT_{\text{Perlakuan}} &= 2129,568 : 4 = 532,392 \\
 KT_{\text{Sisa}} &= 109,100 : 25 = 4,364 \\
 F_{\text{Hitung}} &= 532,392 : 4,364 = 121,996
 \end{aligned}$$

DAFTAR SIDIK RAGAM (ANALISA VARIAN)

Sumber keragaman	Derajat bebas (db)	Jumlah Kwadrat (JK)	Kwadrat Tengah (KT)	$F_{\text{Hit.}}$	F_{tabel} 0,05	F_{tabel} 0,01
Perlakuan	4	2129,568	532,392	121,996	2,76	4,18
Sisa	25	109,100	4,364			
Total	29	2238,668				

Hipotesa : H_0 : Perl.I = Perl.II = Perl.III = Perl.IV = Perl.V

H_a : Perl.I \neq Perl.II \neq Perl.III \neq Perl.IV \neq Perl.V

Oleh karena $F_{\text{Hitung}} (121,996) > F_{\text{tabel}} 0.01 (4,18)$ maka

H_0 ditolak sedang H_a diterima. Berarti ada perbedaan yang sangat nyata dari jumlah sel spermatosit I dan II pada tubulus seminife-

Lanjutan LAMPIRAN VI.

rus, sekurang-kurangnya pada satu pasang perlakuan. Maka untuk menentukan perlakuan mana yang berbeda sangat nyata tersebut dilakukan Uji Beda Nyata Jujur menurut Tukey (Steel dan Torrie, 1980).

$$\text{BNJ } 5\% = Q \ 5\% (t, db_{\text{Sisa}}) \times \sqrt{\frac{K^T_{\text{Sisa}}}{n}}$$

$$\text{BNJ } 1\% = Q \ 1\% (t, db_{\text{Sisa}}) \times \sqrt{\frac{K^T_{\text{Sisa}}}{n}}$$

Diketahui $db_{\text{Sisa}} = 25$ dan $t = 5$, maka didapat harga $Q \ 5\%$ dalam tabel = 4,16 dan harga $Q \ 1\% = 5,17$.

$$\text{BNJ } 5\% = 4,16 \times \sqrt{\frac{4,364}{6}} = 3,55$$

$$\text{BNJ } 1\% = 5,17 \times \sqrt{\frac{4,364}{6}} = 3,41$$

Rata-rata jumlah sel spermatosit I dan II.	\bar{X}_I	\bar{X}_{II}	\bar{X}_{III}	\bar{X}_{IV}	\bar{X}_V	
	62,90	54,97	48,37	43,70	38,97	
\bar{X}_I	62,90	0	7,93**	14,53**	19,20**	23,93**
\bar{X}_{II}	54,97		0	6,60**	11,27**	16,00**
\bar{X}_{III}	48,37			0	4,67**	9,40**
\bar{X}_{IV}	43,70				0	4,73**
\bar{X}_V	38,97					0
	BNJ 5% = 3,55		BNJ 1% = 3,41			

Keterangan : ** Berarti berbeda sangat nyata untuk tingkat kepercayaan 1 % ($P \leq 0,01$).

Lampiran VII. Hasil perhitungan sel spermatid pada tubulus seminiferus dari testes mencit kelompok kontrol sampai kelompok yang memperoleh 200 rad sinar X.

No. Mencit		Jumlah sel spermatid pada tub. seminiferus					
		1	2	3	4	5	Rata-rata
Kontrol	1.	89	80	96	86	63	82,80
	2.	88	69	98	96	85	87,20
	3.	89	66	88	69	72	76,80
	4.	82	75	62	92	74	77,00
	5.	82	82	62	84	72	76,40
	6.	88	82	74	76	89	81,80
50 rad.	1.	95	72	75	67	78	77,40
	2.	86	83	87	82	86	84,80
	3.	73	68	73	77	67	71,60
	4.	68	85	76	67	72	73,60
	5.	65	77	87	69	58	71,20
	6.	73	85	72	87	76	78,60
100 rad.	1.	67	65	65	70	76	68,60
	2.	76	75	76	87	82	79,20
	3.	65	65	75	66	67	67,60
	4.	75	75	73	65	76	72,80
	5.	58	83	63	65	67	67,20
	6.	67	78	79	67	75	73,20

Lanjutan Lampiran VII.

No. Mencit		Jumlah sel spermatid pada tubulus seminiferus					
		1	2	3	4	5	Rata-rata
150 rad.	1.	69	67	79	58	65	67,60
	2.	75	72	52	78	63	68,00
	3.	79	58	67	61	71	67,20
	4.	76	49	71	75	76	69,40
	5.	67	54	47	63	76	61,40
	6.	64	65	75	70	72	69,20
200 rad.	1.	52	65	62	72	82	66,60
	2.	65	65	42	46	65	56,60
	3.	72	56	49	65	67	61,80
	4.	72	45	67	69	79	66,40
	5.	62	64	57	59	46	57,60
	6.	73	63	60	65	64	65,00

LAMPIRAN VIII. Evaluasi statistik jumlah sel spermatid pada tubulus seminiferus dari mencit yang memperoleh 0 rad, 50 rad, 100 rad, 150 rad dan 200 rad sinar X.

$$JK_{Total} = \sum x_T^2 - \frac{(\sum x_T)^2}{t.n} = 155004,760 - \frac{(2144,60)^2}{30}$$

$$= 155004,760 - 153310,305 = 1694,455$$

$$JK_{Perlakuan} = \frac{\sum (\sum x_A)^2}{n_A} - \frac{(\sum x_T)^2}{t.n}$$

$$= \frac{(482,20)^2 + (457,20)^2 + \dots + (374,00)^2}{6} - 153310,305$$

$$= 154529,607 - 153310,305 = 1219,302$$

$$JK_{Sisa} = 1694,455 - 1219,302 = 475,153$$

$$db_{Perlakuan} = 5 - 1 = 4, \quad db_{Sisa} = 5 (6 - 1) = 25$$

$$KT_{Perlakuan} = 1219,302 : 4 = 304,825$$

$$KT_{Sisa} = 475,153 : 25 = 19,006$$

$$F_{Hitung} = 304,825 : 19,006 = 16,038$$

DAFTAR SIDIK RAGAM (ANALISA VARIAN)

Sumber keragaman	Derajat bebas (db)	Jumlah Kwadrat (JK)	Kwadrat Tengah (KT)	F _{Hit.}	F _{tabel} 0,05	F _{tabel} 0,01
Perlakuan	4	1219,301	304,825	16,038	2,76	4,18
Sisa	25	475,153	19,006			
Total	29	1694,455				

Hipotesa : H_0 : Perl.I = Perl.II = Perl.III = Perl.IV = Perl.V

H_a : Perl.I \neq Perl.II \neq Perl.III \neq Perl.IV \neq Perl.V

Lanjutan LAMPIRAN VIII.

Oleh karena $F_{\text{Hitung}} (16,038) > F_{\text{Tabel } 0,01} (4,18)$ maka H_0 ditolak sedang H_a diterima. Ini berarti ada perbedaan sangat nyata sekurang-kurangnya pada satu pasang perlakuan. Maka untuk menentukan perlakuan mana yang berbeda sangat nyata tersebut, dilakukan Uji Beda Nyata Jujur menurut Tukey (Steel dan Torrie, 1980).

$$\text{BNJ } 5\% = Q \ 5\% (t, db_{\text{Sisa}}) \times \sqrt{\frac{KT_{\text{Sisa}}}{n}}$$

$$\text{BNJ } 1\% = Q \ 1\% (t, db_{\text{Sisa}}) \times \sqrt{\frac{KT_{\text{Sisa}}}{n}}$$

Diketahui $db_{\text{Sisa}} = 25$ dan $t = 5$, maka didapatkan harga $Q \ 5\%$ dalam tabel = 4,16 dan $Q \ 1\% = 5,17$, sehingga

$$\text{BNJ } 5\% = 4,16 \times \sqrt{\frac{19,006}{6}} = 7,40$$

$$\text{BNJ } 1\% = 5,17 \times \sqrt{\frac{19,006}{6}} = 9,20$$

Rata-rata jumlah sel spermatid.	\bar{X}_I	\bar{X}_{II}	\bar{X}_{III}	\bar{X}_{IV}	\bar{X}_V
	80,33	76,20	71,43	67,13	62,33
\bar{X}_I	80,33	0	4,13	8,90 *	13,20 **
\bar{X}_{II}	76,20	0	4,77	9,07 *	13,87 **
\bar{X}_{III}	71,43		0	4,30	9,10 *
\bar{X}_{IV}	67,13			0	4,80
\bar{X}_V	62,33				0
	BNJ 5 % = 7,40		BNJ 1 % = 9,20		

Keterangan : ** Berarti berbeda sangat nyata untuk tingkat kepercayaan 1 % ($P \leq 0,01$)

* Berarti berbeda nyata untuk tingkat kepercayaan 5 % ($P \leq 0,05$).

Lampiran IX. Hasil perhitungan sel spermatozoa pada tubulus seminiferus dari testes mencit kelompok kontrol sampai kelompok yang memperoleh 200 rad sinar X.

No. Mencit		Jumlah sel spermatozoa pada tub. seminiferus					
		1	2	3	4	5	Rata-rata
Kontrol	1.	49	56	60	47	42	50,80
	2.	65	55	51	48	47	53,20
	3.	53	44	45	56	48	49,20
	4.	46	48	48	51	46	47,80
	5.	52	64	49	47	55	53,40
	6.	59	53	51	53	48	52,80
50 rad.	1.	41	59	39	52	47	47,60
	2.	56	58	49	58	43	52,80
	3.	42	49	48	55	48	48,20
	4.	58	45	41	45	46	47,00
	5.	58	51	59	42	58	53,60
	6.	52	58	42	46	54	50,40
100 rad.	1.	46	54	57	40	52	49,80
	2.	48	52	47	56	52	51,00
	3.	45	36	37	56	60	46,80
	4.	47	60	33	53	40	46,60
	5.	62	51	42	61	50	53,20
	6.	35	53	58	52	45	48,60

Lanjutan Lampiran IX.

No. Mencit		Jumlah sel spermatozoa pada tub. seminiferus					
		1	2	3	4	5	Rata-rata
150 rad	1.	47	43	48	52	50	48,00
	2.	53	50	58	40	55	51,20
	3.	57	53	53	48	48	41,20
	4.	58	48	45	55	52	51,60
	5.	53	47	42	56	58	51,20
	6.	54	50	48	40	46	47,60
200 rad	1.	54	34	39	50	57	46,80
	2.	54	57	44	48	47	50,00
	3.	45	27	45	53	36	41,20
	4.	48	43	51	54	48	48,80
	5.	57	48	47	46	32	46,00
	6.	49	34	32	45	57	43,60

LAMPIRAN X. Evaluasi statistik jumlah sel spermatozoa pada tubulus seminiferus dari mencit yang memperoleh 0 rad, 50 rad, 100 rad, 150 rad dan 200 rad sinar X.

$$\begin{aligned}
 JK_{\text{Total}} &= \sum X_T^2 - \frac{(\sum X_T)^2}{t.n} = 72348,480 - \frac{(1470)^2}{30} \\
 &= 72348,480 - 72030,00 = 318,480 \\
 JK_{\text{Perlakuan}} &= \sum \left(\frac{(\sum X_A)^2}{n_A} - \frac{(\sum X_T)^2}{t.n} \right) = \frac{(307,20)^2 + (296,00)^2 + \dots + (276,40)^2}{6} - 72030,00 = 88,267 \\
 JK_{\text{Sisa}} &= 318,480 - 88,267 = 230,213 \\
 db_{\text{Perlakuan}} &= 5 - 1 = 4, \quad db_{\text{Sisa}} = 5(6 - 1) = 25 \\
 KT_{\text{Perlakuan}} &= 88,267 : 4 = 22,067 \\
 KT_{\text{Sisa}} &= 230,213 : 25 = 9,209 \\
 F_{\text{Hitung}} &= 22,067 : 9,209 = 2,396.
 \end{aligned}$$

DAFTAR SIDIK RAGAM (ANALISA VARIAN)

Sumber keragaman	Derajat bebas (db)	Jumlah Kwadrat (JK)	Kwadrat Tengah (KT)	F_{Hit}	F_{Tabel}	
					0,05	0,01
Perlakuan	4	88,267	22,067	2,396	2,76	4,18
Sisa	25	230,213	9,209			
Total	29	318,480				

Hipotesa : H_0 : Perl.I = Perl.II = Perl.III = Perl.IV = Perl.V

H_a : Perl.I \neq Perl.II \neq Perl.III \neq Perl.IV \neq Perl.V

Oleh karena $F_{\text{Hitung}} (2,396) < F_{\text{Tabel } 0,05} (2,76)$ maka H_0 diterima sedangkan H_a ditolak. Berarti tidak ada perbedaan yang

Lenjutan LAMPIRAN X.

nyata pada jumlah sel spermatozoa antara kelompok kontrol (yang tidak disinari) dengan kelompok yang masing-masing memperoleh 50 rad, 100 rad, 150 rad dan 200 rad sinar X. Atau dapat pula dikatakan bahwa pemberian sinar X pada dosis 50 rad, 100 rad, 150 rad dan 200 rad tidak menyebabkan penurunan jumlah sel spermatozoa, setelah 15 hari penyinaran.

LAMPIRAN XI

Tabel. Depth Dose Presentase (DDP) Alat Rontgen LINAC 67.

Areal (Field size) Cm ²		3X3	4X4	6X6	8X8	10X10	12X12	15X15	√20X20
BSF		0,95	0,96	0,98	0,99	1,000	1,003	1,016	√1,030
Dalamnya target (Depth in Cm)	1,5	100	100	100	100	100	100	100	100
	2,0	98,5	98,5	93,5	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0
	√3,0	93,5	91,0	94,0	94,5	94,5	95,0	95,0	√95,5
	4,0	88,5	89,0	90,0	90,5	91,0	94,0	94,5	92,0
	5,0	83,0	81,0	85,0	86,0	86,5	87,0	87,5	83,0
	6,0	78,0	79,0	80,5	81,5	82,5	83,0	83,5	84,5
	7,0	73,5	74,5	76,0	77,5	78,5	79,0	80,0	80,5
	8,0	69,0	70,0	72,0	73,5	74,5	75,0	76,0	77,0

LAMPIRAN XII. TABEL F 5% dan 1%.

Distribusi	Faktor	Nomor 1										Nomor 2																																																																																										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20																																																																																	
1	100	100	99.99	99.98	99.97	99.96	99.95	99.94	99.93	99.92	99.91	99.90	99.89	99.88	99.87	99.86	99.85	99.84	99.83	99.82	99.81	99.80	99.79	99.78	99.77	99.76	99.75	99.74	99.73	99.72	99.71	99.70	99.69	99.68	99.67	99.66	99.65	99.64	99.63	99.62	99.61	99.60	99.59	99.58	99.57	99.56	99.55	99.54	99.53	99.52	99.51	99.50	99.49	99.48	99.47	99.46	99.45	99.44	99.43	99.42	99.41	99.40	99.39	99.38	99.37	99.36	99.35	99.34	99.33	99.32	99.31	99.30	99.29	99.28	99.27	99.26	99.25	99.24	99.23	99.22	99.21	99.20	99.19	99.18	99.17	99.16	99.15	99.14	99.13	99.12	99.11	99.10	99.09	99.08	99.07	99.06	99.05	99.04	99.03	99.02	99.01	99.00

Distribusi	Faktor	Nomor 1										Nomor 2																																																																																										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20																																																																																	
20	100	100	99.99	99.98	99.97	99.96	99.95	99.94	99.93	99.92	99.91	99.90	99.89	99.88	99.87	99.86	99.85	99.84	99.83	99.82	99.81	99.80	99.79	99.78	99.77	99.76	99.75	99.74	99.73	99.72	99.71	99.70	99.69	99.68	99.67	99.66	99.65	99.64	99.63	99.62	99.61	99.60	99.59	99.58	99.57	99.56	99.55	99.54	99.53	99.52	99.51	99.50	99.49	99.48	99.47	99.46	99.45	99.44	99.43	99.42	99.41	99.40	99.39	99.38	99.37	99.36	99.35	99.34	99.33	99.32	99.31	99.30	99.29	99.28	99.27	99.26	99.25	99.24	99.23	99.22	99.21	99.20	99.19	99.18	99.17	99.16	99.15	99.14	99.13	99.12	99.11	99.10	99.09	99.08	99.07	99.06	99.05	99.04	99.03	99.02	99.01	99.00

Sumber : Steel and Torrie (1980)

LAMPIRAN XIII. TABEL Q 5% dan 1%.

Error %	k	p = number of treatment means																			k	Error %
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
5	.05	3.64	4.60	5.27	5.67	6.03	6.33	6.58	6.80	6.99	7.17	7.32	7.47	7.60	7.72	7.83	7.93	8.03	8.12	8.21	5	.05
	.01	5.70	6.97	7.80	8.42	8.91	9.32	9.67	9.97	10.24	10.48	10.70	10.89	11.08	11.24	11.40	11.55	11.68	11.81	11.93		
6	.05	3.46	4.34	4.90	5.21	5.53	5.82	6.12	6.32	6.49	6.63	6.79	6.92	7.03	7.14	7.24	7.34	7.43	7.51	7.59	6	.05
	.01	5.24	6.33	7.03	7.56	7.97	8.32	8.61	8.87	9.10	9.30	9.48	9.63	9.81	9.93	10.08	10.21	10.32	10.43	10.54		
7	.05	3.34	4.16	4.68	5.06	5.36	5.61	5.82	6.00	6.16	6.30	6.43	6.55	6.66	6.76	6.85	6.94	7.02	7.09	7.17	7	.05
	.01	4.93	5.92	6.54	7.01	7.37	7.68	7.94	8.17	8.37	8.53	8.71	8.86	9.00	9.12	9.24	9.35	9.46	9.55	9.63		
8	.05	3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	5.92	6.05	6.18	6.29	6.39	6.48	6.57	6.65	6.73	6.80	6.87	8	.05
	.01	4.74	5.63	6.20	6.63	6.96	7.24	7.47	7.68	7.87	8.03	8.18	8.31	8.44	8.55	8.66	8.76	8.85	8.94	9.02		
9	.05	3.20	3.95	4.42	4.78	5.02	5.24	5.43	5.60	5.74	5.87	5.98	6.09	6.19	6.28	6.36	6.44	6.51	6.58	6.64	9	.05
	.01	4.60	5.43	5.96	6.33	6.66	6.91	7.13	7.32	7.49	7.63	7.78	7.91	8.03	8.13	8.23	8.32	8.41	8.49	8.57		
10	.05	3.15	3.88	4.33	4.63	4.81	5.17	5.30	5.46	5.60	5.72	5.83	5.93	6.03	6.11	6.20	6.27	6.34	6.40	6.47	10	.05
	.01	4.48	5.27	5.77	6.14	6.43	6.67	6.87	7.03	7.21	7.36	7.48	7.60	7.71	7.81	7.91	7.99	8.07	8.15	8.22		
11	.05	3.11	3.82	4.26	4.57	4.82	5.03	5.20	5.35	5.49	5.61	5.71	5.81	5.90	5.99	6.06	6.14	6.20	6.26	6.33	11	.05
	.01	4.39	5.14	5.62	5.97	6.25	6.48	6.67	6.84	6.99	7.13	7.23	7.36	7.46	7.56	7.63	7.73	7.81	7.88	7.95		
12	.05	3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.93	5.12	5.27	5.40	5.51	5.62	5.71	5.80	5.88	5.95	6.03	6.09	6.15	6.21	12	.05
	.01	4.82	5.64	6.10	6.44	6.70	6.92	7.11	7.27	7.41	7.53	7.64	7.74	7.83	7.91	7.99	8.07	8.14	8.21	8.27		
13	.05	3.06	3.73	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.19	5.32	5.43	5.53	5.62	5.71	5.79	5.86	5.93	6.00	6.05	6.11	13	.05
	.01	4.26	4.96	5.40	5.73	5.98	6.19	6.37	6.53	6.67	6.79	6.90	7.01	7.10	7.19	7.27	7.34	7.42	7.48	7.55		
14	.05	3.03	3.70	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13	5.25	5.36	5.46	5.55	5.64	5.72	5.79	5.85	5.92	5.97	6.03	14	.05
	.01	4.21	4.89	5.32	5.63	5.88	6.08	6.26	6.41	6.54	6.66	6.77	6.87	6.96	7.05	7.12	7.20	7.27	7.33	7.39		
15	.05	3.01	3.67	4.08	4.37	4.60	4.78	4.94	5.08	5.20	5.31	5.40	5.49	5.58	5.65	5.72	5.79	5.85	5.90	5.96	15	.05
	.01	4.17	4.83	5.25	5.56	5.80	5.99	6.16	6.31	6.44	6.55	6.66	6.76	6.84	6.93	7.00	7.07	7.14	7.20	7.26		
16	.05	3.00	3.63	4.03	4.33	4.56	4.74	4.90	5.03	5.15	5.26	5.35	5.44	5.53	5.59	5.66	5.72	5.79	5.84	5.90	16	.05
	.01	4.13	4.78	5.19	5.49	5.72	5.92	6.08	6.22	6.35	6.46	6.56	6.66	6.74	6.82	6.90	6.97	7.03	7.09	7.15		
17	.05	2.98	3.63	4.02	4.30	4.52	4.71	4.86	4.99	5.11	5.21	5.31	5.39	5.47	5.55	5.61	5.68	5.74	5.79	5.84	17	.05
	.01	4.10	4.74	5.14	5.43	5.66	5.85	6.01	6.15	6.27	6.38	6.48	6.57	6.66	6.73	6.80	6.87	6.94	7.00	7.05		
18	.05	2.97	3.61	4.00	4.28	4.49	4.67	4.82	4.96	5.07	5.17	5.27	5.35	5.43	5.50	5.57	5.63	5.69	5.74	5.79	18	.05
	.01	4.07	4.70	5.09	5.38	5.60	5.79	5.94	6.08	6.20	6.31	6.41	6.50	6.58	6.65	6.72	6.79	6.85	6.91	6.96		
19	.05	2.96	3.59	3.98	4.25	4.47	4.65	4.79	4.92	5.04	5.14	5.23	5.31	5.39	5.46	5.53	5.59	5.65	5.70	5.75	19	.05
	.01	4.03	4.67	5.05	5.33	5.55	5.73	5.89	6.02	6.14	6.25	6.34	6.43	6.51	6.58	6.65	6.72	6.78	6.84	6.89		
20	.05	2.95	3.58	3.96	4.23	4.45	4.62	4.77	4.90	5.01	5.11	5.20	5.28	5.36	5.43	5.49	5.55	5.61	5.66	5.71	20	.05
	.01	4.02	4.64	5.02	5.29	5.51	5.69	5.84	5.97	6.09	6.19	6.29	6.37	6.45	6.52	6.59	6.65	6.71	6.76	6.82		
24	.05	2.97	3.55	3.90	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92	5.01	5.10	5.18	5.25	5.33	5.39	5.44	5.50	5.54	5.59	24	.05
	.01	3.96	4.54	4.91	5.17	5.37	5.54	5.69	5.81	5.92	6.02	6.11	6.19	6.28	6.33	6.39	6.45	6.51	6.56	6.61		
30	.05	2.89	3.48	3.84	4.10	4.30	4.48	4.60	4.72	4.83	4.92	5.00	5.08	5.15	5.21	5.27	5.33	5.38	5.43	5.48	30	.05
	.01	3.89	4.45	4.80	5.03	5.24	5.40	5.54	5.65	5.76	5.85	5.93	6.01	6.08	6.14	6.20	6.26	6.31	6.36	6.41		
40	.05	2.86	3.44	3.79	4.04	4.23	4.39	4.52	4.63	4.74	4.82	4.91	4.98	5.05	5.11	5.18	5.22	5.27	5.31	5.36	40	.05
	.01	3.82	4.37	4.70	4.93	5.11	5.27	5.39	5.50	5.60	5.69	5.77	5.84	5.90	5.96	6.02	6.07	6.12	6.17	6.21		
60	.05	2.83	3.40	3.74	3.98	4.18	4.31	4.44	4.55	4.65	4.73	4.81	4.88	4.94	5.00	5.06	5.11	5.16	5.20	5.24	60	.05
	.01	3.76	4.28	4.60	4.82	4.99	5.13	5.25	5.36	5.45	5.53	5.60	5.67	5.73	5.79	5.84	5.89	5.93	5.98	6.02		
120	.05	2.80	3.36	3.69	3.92	4.10	4.24	4.38	4.48	4.58	4.64	4.72	4.78	4.84	4.90	4.95	5.00	5.05	5.09	5.13	120	.05
	.01	3.70	4.20	4.50	4.71	4.87	5.01	5.12	5.21	5.30	5.38	5.44	5.51	5.56	5.61	5.66	5.71	5.75	5.79	5.83		
∞	.05	2.77	3.31	3.63	3.86	4.03	4.17	4.29	4.39	4.47	4.55	4.62	4.68	4.74	4.80	4.85	4.89	4.93	4.97	5.01	∞	.05
	.01	3.64	4.12	4.40	4.60	4.76	4.88	4.99	5.08	5.16	5.23	5.29	5.35	5.40	5.45	5.49	5.54	5.57	5.61	5.65		

Sumber : Steel dan Torrie (1980).

" CURICULUM VITAE "



Penulis dilahirkan tanggal 22 Desember 1963 di Banjarmasin, Kalimantan-Selatan. Penulis adalah putra dari pasangan dr. Tusin Tubasar Ph.D dan dr. Ailyse G. Palar Ph.D. Pada saat ini orang tua berdomisili di Manado, Sulawesi Utara.

DATA PENDIDIKAN :

Penulis masuk Sekolah Dasar pada tahun 1969 dan selesai pada tahun 1974 di Banjarmasin, kemudian melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama Negeri VI Banjarmasin dari tahun 1975 sampai tahun 1977 ; Sekolah Menengah Atas Negeri II Banjarmasin dari tahun 1978 sampai tahun 1981. Setelah itu, penulis melanjutkan Pendidikan di Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga Surabaya, dan lulus sebagai Sarjana Kedokteran Hewan pada tanggal 20 Januari 1986.

Surabaya, Juni 1987

Penulis.

A handwritten signature in dark ink, appearing to be 'Julius Tujudinnoor'. The signature is written in a cursive style with a horizontal line underneath it.

(Julius Tujudinnoor)