

SKRIPSI :

ANAK AGUNG NGURAH OKA SURYA PUTRA

**PENGARUH RADIASI SINAR X TERHADAP
PERUBAHAN HISTOLOGI
TESTIS KELINCI**



**FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
1987**

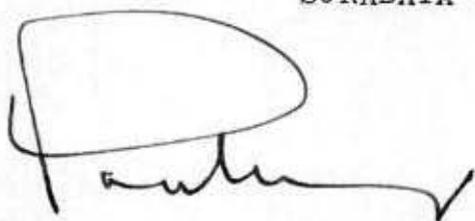
PENGARUH RADIASI SINAR X TERHADAP
PERUBAHAN HISTOLOGI
TESTIS KELINCI

S K R I P S I

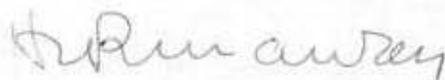
DISERAHKAN KEPADA FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA UNTUK MEMENUHI
SEBAGIAN SYARAT GUNA MEMPEROLEH
GELAR DOKTER HEWAN

O L E H

ANAK AGUNG NGURAH OKA SURYA PUTRA
SURABAYA - JATIM



(PROF. DR. SOEHARTOJO H. M.Sc)
PEMBIMBING I



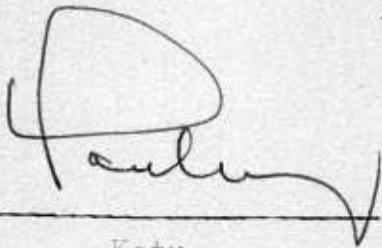
(DRH. HERMAWAN KOESWADJI)
PEMBIMBING II

FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA

1987

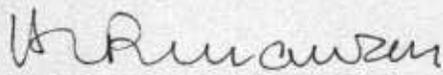
Setelah mempelajari dan menguji dengan sungguh - sungguh, kami berpendapat bahwa tulisan ini baik ruang lingkup maupun kualitasnya dapat diajukan sebagai skripsi, untuk memperoleh gelar DOKTER HEWAN.

Panitia Penguji :



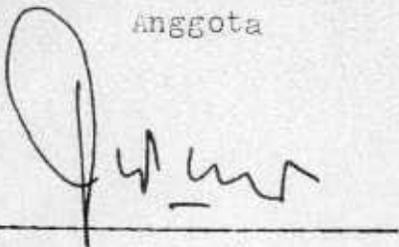
Ketua

Sekretaris



Anggota

Anggota



Anggota



Anggota

Anggota

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur kehadapan Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karuniaNya, penulis dapat dengan tabah menyelesaikan penelitian sampai penulisan skripsi ini.

Penelitian mengenai pengaruh Radiasi sinar X terhadap perubahan histologi testis telah diteliti oleh peneliti sebelumnya dan penulis tertarik untuk meneliti pengaruh Radiasi sinar X terhadap perubahan histologi testis kelinci dengan menggunakan dosis yang lebih tinggi.

Dengan telah tersusunnya skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Prof. Dr. Soehartojo H, M.Sc., Ketua jurusan Reproduksi dan Kebidanan Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga, sekaligus juga sebagai dosen pembimbing.
2. drh. Hermawan Koeswadji, Kepala Diagnostik Laboratorium Rontgenologi Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga, sekaligus juga selaku dosen pembimbing.
3. dr. Benny Huwae, Kepala Laboratorium Radiologi RSUP dr. Soetomo Surabaya, yang telah memberikan ijin untuk menggunakan fasilitas laboratorium dimana penelitian ini dilaksanakan.
4. dr. R Haryogya Sandi, staf Laboratorium Radiologi RSUP dr. Soetomo Surabaya, yang telah membimbing pada saat penggunaan alat Rontgen di RSUP dr. Soetomo.
5. drh. Mohammad Moenif MS, Kepala Laboratorium Pathologi Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga, yang -

telah memberikan ijin penggunaan fasilitas laboratorium dimana penelitian ini dilaksanakan.

6. dr. Ferdinandus, Kepala Laboratorium Histologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga, yang telah memberikan ijin penggunaan fasilitas laboratorium dimana penelitian ini dilaksanakan.
7. dr. J. Halim, dosen histologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga, yang telah membimbing penelitian ini.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang dengan keikhlasan hati ikut membantu baik dalam penelitian maupun penulisan skripsi ini.

Terakhir perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih - yang tulus kepada Yang Terhormat A. A. Ngurah Made. S, BA (ayah), Kunmintarsih (ibu) dan keluarga tercinta yang telah mendorong usaha penulis dalam penyelesaian penyusunan skripsi ini. Tanpa dorongan penuh dan restu beliau usaha ini tentu masih jauh dari akhir penyelesaiannya.

Akhirnya penulis persembahkan skripsi ini kepada almanater untuk menambah khasanah ilmu pengetahuan dan semoga seminar ini dapat memberikan sedikit sumbangan bagi pengembangan Ilmu Kedokteran Hewan di Indonesia. Kritik dan saran yang berguna bagi penyempurnaan skripsi ini akan penulis terima dengan lapang dada.

Penulis.

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I. PENDAHULUAN	1
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
1. Perkembangan kelinci	4
2. Anatomi dan Fisiologi Alat Kelamin Kelinci Jantan	5
3. Sinar X	12
4. Pengaruh Radiasi Sinar X terhadap Testis	14
BAB III. MATERI DAN METODE PENELITIAN	17
1. Materi Penelitian	17
- Hewan percobaan	17
- Bahan-bahan yang dipergunakan ...	17
- Alat-alat yang digunakan	17
2. Waktu dan Tempat Penelitian	18
3. Metode Penelitian	18
a. Persiapan penelitian	18
b. Pemberian sinar X	19
c. Pembuatan preparat histologi ...	21
d. Analisis Data	26
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	39

	halaman
BAB VI. RINGKASAN	40
DAFTAR KEPUSTAKAAN	42

DAFTAR TABEL

No. Tabel	Halaman
1. Hasil perhitungan sel spermatogonium pada tubulus tubulus seminiferus dari testis kelinci kelompok 1 sampai kelompok 3	29
2. Hasil perhitungan sel spermatosit I dan II pada tubulus seminiferus dari testis kelinci kelompok 1 sampai kelompok 3	31
3. Hasil perhitungan sel spermatid pada tubulus seminiferus dari testis kelinci kelompok 1 sampai kelompok 3	33
4. Hasil perhitungan sel spermatozoa pada tubulus seminiferus dari testis kelinci kelompok 1 sampai kelompok 3	35
5. Hasil perhitungan pengukuran diameter tubulus seminiferus dari testis kelinci kelompok 1 sampai kelompok 3	37

DAFTAR GAMBAR

No. Gambar		Halaman
1.	Diagram irisan vertikal testis sapi, untuk memperlihatkan rete dan tubuli seminiferus ...	6
2.	Diagram irisan tubulus seminiferus	7
3.	Diagram spermatogenesis pada domba	9
4.	Irisan melintang testis kelinci kelompok kontrol (200 X)	61
5.	Irisan melintang testis kelinci kelompok K ₂ (600 rad)	61
6.	Irisan melintang testis kelinci kelompok K ₃ (1000 rad)	62
7.	Irisan melintang testis kelinci kelompok kontrol (400 X)	62
8.	Irisan melintang testis kelinci kelompok K ₂ (600 rad)	63
9.	Irisan melintang testis kelinci kelompok K ₃ (1000 rad)	63

DAFTAR LAMPIRAN

No. Lampiran	Halaman
1. Hasil perhitungan sel spermatogonium pada tubulus seminiferus dari testis kelinci kelompok kontrol (0 rad) sampai kelompok 1000 rad sinar X	47
2. Evaluasi statistik jumlah sel spermatogonium pada tubulus seminiferus dari kelinci yang memperoleh 0 rad, 600 rad dan 1000 rad sinar X	48
3. Hasil perhitungan sel spermatosit I dan II pada tubulus seminiferus dari testis kelinci kelompok kontrol (0 rad) sampai kelompok 1000 rad sinar X	50
4. Evaluasi statistik sel spermatosit I dan II pada tubulus seminiferus dari kelinci yang memperoleh 0 rad, 600 rad dan 1000 rad sinar X	51
5. Hasil perhitungan sel spermatid pada tubulus seminiferus dari testis kelinci kelompok kontrol (0 rad) sampai kelompok 1000 rad sinar X	53
6. Evaluasi statistik jumlah sel spermatid pada tubulus seminiferus dari kelinci yang 0 rad, 600 rad dan 1000 rad sinar X	54

7. Hasil perhitungan sel spermatozoa pada tubulus seminiferus dari testis kelinci kelompok kontrol (0 rad) sampai kelompok 1000 rad sinar X	56
8. Hasil pengukuran diameter tubulus seminiferus dari testis kelinci kelompok kontrol (0 rad) sampai kelompok 1000 rad sinar X	57
9. Evaluasi statistik diameter tubulus seminiferus dari testis kelinci yang memperoleh 0 rad, 600 rad dan 1000 rad sinar X	58
10. Tabel Depth Dose Prosentase (DDP) alat Rontgen Linac 67	60

BAB I

PENDAHULUAN

Ilmu dan teknologi sangat diperlukan dalam pembangunan peternakan. Ilmu dan teknologi ini tidak hanya yang dihasilkan di Indonesia saja, tetapi juga teknologi introduksi yang telah diuji dalam negeri pada berbagai kondisi lingkungan.

Aplikasi teknik nuklir bidang peternakan merupakan salah satu tujuan penggunaan teknologi ini untuk maksud-maksud damai. Teknik nuklir memiliki potensi yang begitu menakutkan, kekuatan menghancurkan peradaban, tetapi juga dapat menjadi alat untuk memperbaiki kehidupan manusia. Apabila ada hal-hal yang masih mengkhawatirkan dalam penggunaan teknik nuklir bagi kepentingan pengembangan peternakan, maka hal itu bukan berarti bahwa teknik ini harus ditinggalkan. Memang sudah menjadi hakekat suatu teknologi bahwa teknologi dapat memecahkan persoalan, tetapi juga sekaligus menimbulkan permasalahan baru. Inilah yang menjadikan hidup dan kehidupan menjadi sesuatu yang dinamis dan memikat.

Di Indonesia aplikasi teknik nuklir dalam bidang pertanian dan peternakan telah dikenal sejak lama. Namun demikian, secara umum hasil-hasil penelitian di bidang tersebut masih belum mencapai hasil yang kita harapkan. Beberapa masalah masih perlu dikaji dan diperbaiki antara lain metode yang dipergunakan, dosis yang diberikan dan lamanya radiasi untuk mencapai hasil yang lebih nyata. Jadi teknik nuklir merupakan alat yang harus dikembangkan di bidang pertanian dan peternakan untuk mencapai tujuan pembangunan pertanian

dan peternakan yang kita cita-citakan. Salah satu contoh teknik nuklir telah memberikan sumbangan yang sangat berharga dalam bidang pertanian dan peternakan yaitu pembuatan varietas baru, optimasi makanan ternak, pengawetan makanan, peningkatan efisiensi penggunaan pupuk, pemberantasan hama secara hayati serta untuk mengembangkan cara-cara pembuatan vaksin untuk beberapa penyakit ternak yang penting. Ini apabila sinar-sinar radioaktif digunakan secara tepat (Satari, 1985).

Saat ini kemajuan dalam pengembangan dan perluasan penggunaan energi nuklir dalam dunia kedokteran sudah demikian majunya, telah membawa akibat-akibat sampingan negatif. Dalam bidang radioterapi dapat digunakan sinar X, sinar gamma atau partikel-partikel isotop radioaktif lainnya. Pada hakekatnya, ini tergantung pada energi absorpsi yang menimbulkan ionisasi pada jaringan dan sebagai akibat ionisasi ini terjadi kelainan atau kerusakan jaringan. Inilah yang dinamakan efek biologik. Banyak informasi yang telah terkumpul tentang efek biologik oleh radiasi pada hewan-hewan percobaan dengan penelitian dan pengamatan di klinik maupun survai pada manusia.

Alat tubuh yang berfungsi untuk reproduksi pada hewan jantan adalah testis. Bila terjadi gangguan terhadap fungsi testis, maka akan diikuti oleh penurunan daya reproduksi pejantan tersebut. Sebenarnya banyak faktor-faktor yang dapat mempengaruhi testis, salah satu faktor itu adalah pengaruh radiasi pengion. Lebih dari 60 tahun yang lalu

Boveri mengemukakan bahwa kemampuan radiasi pengion menyebabkan terjadinya mutasi somatik dengan konsekwensi terjadinya perubahan sel-sel benih, bahkan dapat menyebabkan sterilitas pada individu yang bersangkutan, di samping itu perlu juga kita ingat bahwa jaringan alat kelamin seperti testis merupakan salah satu jaringan yang sensitip terhadap radiasi.

Bertolak dari keterangan di atas, penulis berkehendak untuk meneliti seberapa jauh pengaruh pemberian sinar X terhadap testis kelinci jantan dengan memberikan berbagai tingkatan dosis sinar X dengan melihat perbedaan gambaran histologis dari masing-masing testis pada setiap perlakuan dengan dibandingkan testis normal, terutama mengenai perubahan tubulus seminiferus beserta sel-sel germinatifnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1. Perkembang. biakan Kelinci

Kelinci mampu berkembang biak dengan cepat, karena kelinci jantan bersifat poligami. Biasanya dalam satu kelompok betina mempunyai satu pejantan. Kelinci betina mulai melahirkan anaknya yang pertama untuk jenis kecil pada umur kira-kira 6 bulan, sedang kelinci jenis besar pada umur 9 bulan. Dalam satu tahun kelinci bisa beranak 6 - 8 kali dengan jumlah anak setiap kali melahirkan antara 6 - 8 ekor. Kelinci dapat hidup rata-rata sampai 6 tahun (Hafez, 1970 dan Templeton, 1968).

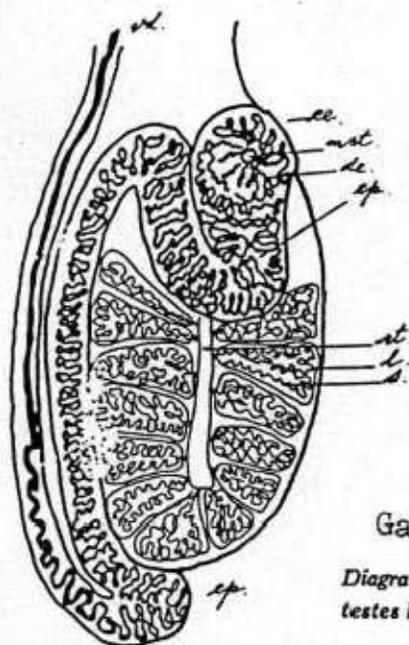
Hafez (1970) menyatakan bahwa pada saat ini ada 70 bangsa kelinci yang tersebar di dunia yang dapat dibedakan atas warna bulu dan berat badannya. Kelinci dewasa berat badannya berkisar antara 1 kilogram sampai 7 kilogram, panjang telinganya berkisar antara 5 sentimeter sampai 30 sentimeter.

Perkembang biakan kelinci banyak dipengaruhi beberapa faktor antara lain : bangsa, umur dan makanan. Menurut Hafez (1970) dan Templeton (1968) perbedaan berat badan dan umur pada waktu mencapai remaja (pubersitas) kelinci jantan adalah seperti pada kelinci jenis kecil umur masa remaja 4 bulan dengan berat badan antara 2 sampai 4 kilogram, kelinci jenis sedang umur masa remajanya antara 6 sampai 7 bulan dengan berat badan antara 5 sampai 7 kilogram, dan pada kelinci jenis besar umur masa remajanya antara 9 sampai 12 bulan dengan berat badan antara 8 sampai 10 kilogram.

2. Anatomi dan Fisiologi Alat Kelamin Jantan pada Kelinci

Kelinci jantan mempunyai sepasang testis yang tersimpan didalam kantung scrotum. Testis berbentuk oval, panjang sekitar 25 milimeter dan warnanya merah muda. Testis semasa embrionalnya dibentuk dari gonad didekat ginjal, setelah testis terbentuk akan melepaskan diri dari ginjal dan memasuki rongga scrotum pada mammalia melalui canalis inguinalis bersama-sama dengan alat penggantung testis yang disebut gubernakulum. Peristiwa penurunan testis kedalam rongga scrotum ini disebut *Decensus Testicularum*. Kantung scrotum melekat pada kulit perut bagian belakang dibawah anus, jumlahnya dua buah terletak dikanan-kiri *linea alba*. Kantung scrotum terdiri atas beberapa lapisan, dari luar kedalam dengan urutan : kulit dengan bulunya, *tunica dartos* yang menempel erat pada kulit, *tunica vaginalis* yang merupakan bagian dari peritonium, sedangkan lapisan yang paling dalam adalah *tunica albuginea* yang merupakan bagian dari testis. Diantara lapisan *tunica albuginea* dengan *tunica vaginalis* terdapat rongga sempit yang berisi cairan. Adanya cairan ini memungkinkan gerakan testis lebih mudah. *Tunica albuginea* membagi testis dalam *lobulus-lobulus*. Didalam *lobulus* terdapat *tubulus seminiferus* yang merupakan saluran sempit yang berkelok-kelok dengan ujung buntu. Pada bagian medial dari testis *tubulus seminiferus* akan berjalan lurus dan kemudian membentuk ayaman yang disebut dengan *rete testis*. Selanjutnya *rete testis* akan berhubungan dengan *vasa efferens*, *epididymis* dan *vasa deferens* yang merupakan penghubung testis dengan dunia luar. Kantong scrotum

mempunyai fungsi untuk melindungi testis dari gangguan luar yang berupa pukulan, panas, dingin dan gangguan mekanis lain. Pada hewan mammalia proses spermatogenesis dapat sempurna kalau suhu testis lebih kurang -28°C dibawah suhu tubuh. Untuk menjaga kelangsungan proses ini, maka dinding scrotum mempunyai daya mengkerut dan mengendur. Adapun fungsi testis selain memproduksi sel mani juga membuat hormon seks yang disebut Testoteron (Hardjopranjoto, 1976 dan Hafez, 1980).



- vd. Vas Deferens
- ce. Caput Epididymis
- mrt. Muara Rete testes
- de. Ductus Efferentis
- ep. Epididymis

- rt. Rete Testes
- l. Lobulus
- t. Tubuli Seminiferi

- ep. Ekor Epididymis

Gambar 1.

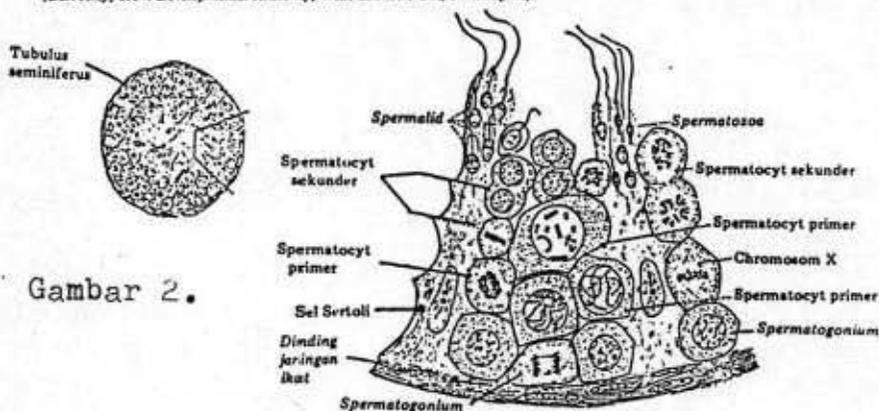
Diagram irisan vertikal testes sapi, untuk memperlihatkan rete testes lobuli dan tubuli seminiferi. (Hafez, 1969)

Pembentukan sel mani terjadi pada tubulus seminiferus, diman sel mani merupakan perkembangan dari sel spermatogonium yang berasal dari sel kecambah pada tubulus seminiferus. Diluar tubulus seminiferus terdapat banyak sel tenunan pengikat disamping pembuluh darah, pembuluh lymphe, sel syaraf dan sel makropage, serta terdapat juga sel-sel interstitial. Fungsi dari sel interstitial atau sel Leydig adalah menghasilkan

L

hormon testoteron. Didalam tubulus seminiferus terdapat banyak sel epitel yang terdiri dari dua macam sel yang berbeda yaitu sel sertoli dan sel kecambah (germinative cell). Sel sertoli bentuknya panjang seperti piramid, fungsinya memberi makan kepada sel mani, disamping itu juga mempunyai kemampuan untuk memakan sel mani yang telah mati. Sel kecambah yang masih muda disebut sel spermatogonia, yang nantinya setelah mengalami proses spermatogenesis berturut-turut akan berubah menjadi sel spermatisit I, spermatisit II, spermatid dan akhirnya menjadi sel spermatozoa atau sel mani. Proses spermatogenesis terdiri atas dua fase yaitu fase spermatositogenesis dan fase spermiogenesis (Hardjopranjoto, 1976 dan Perry, 1960).

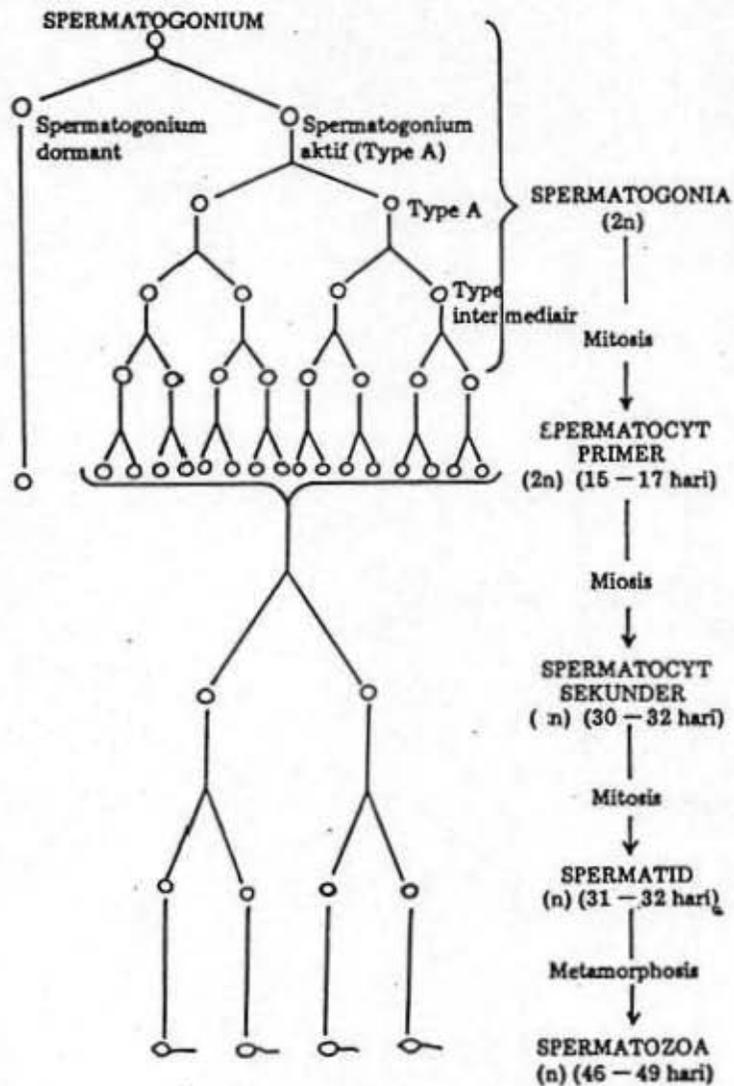
Diagram irisan tubulus seminiferus dapat dilinat diowan ini :
(Dari Arty, 1954. *Developmental Anatomy*, W.B. Saunders Co., Philadelphia).



Gambar 2.

Menurut Hardjopranjoto (1981) dan Hafez (1980), ada 2 macam sel spermatogonium yaitu sel A yang selalu membagi diri dengan cara mitosis dan menghasilkan kedua macam sel spermatogonium dan sel B yang membentuk sel spermatisit I dari hasil pembelahan secara mitosis. Dengan demikian

persediaan sel spermatogonium dapat terus ada. Sel spermatosit I selanjutnya akan membelah dengan cara miosis sebanyak dua kali, dari spermatosit primer akan membelah secara miosis menjadi sel spermatosit sekunder selanjutnya mengadakan pembelahan miosis yang kedua kalinya untuk menjadi sel spermatid, sehingga akan didapatkan 4 sel spermatid yang mempunyai kromosom haploid. Sampai disini berakhirnya fase spermatositogenesis yang ditandai dengan terbentuknya sel spermatid. Proses spermiogenesis merupakan proses perubahan bentuk dari spermatid menjadi sel mani atau sel spermatozoa yang normal. Perubahan yang terjadi meliputi : inti sel spermatid akan melokalisasi pada bagian dari sel, benda golgi akan menumpuk pada bagian depan inti dan memipih bentuknya, terbentuk pula vacuola yang berisi granula akrosom yang akan menjadi akrosom. Setelah terbentuk vacuola, badan golgi pindah kearah posterior kemudian terbentuk benda asesori yang menjadi bagian dari leher sel mani. Sentiol baru terbentuk setelah badan golgi berpindah kebagian leher. Mitokondria berkumpul pada bagian anterior dari ekor sel mani, membentuk spiral yang disebut selaput mitokondria atau mitokondrial sheath (Hafez, 1980 dan Garner, 1980).



Gambar 3.

Diagram spermatogenesis pada domba.

Urut-urutan kejadian ini mungkin sama pada sapi tetapi mungkin agak berbeda pada mamalia lain termasuk babi dan kuda. Jumlah chromosom dan waktu sejak pembentukan spermatogonium asali tertera didalam kurung. (Diangkat dari Ortavant, 1959. Dalam: *Reproduction in Domestic Animals*, H.H. Cole & P.T. Cupps, (edits.), Vol. 2, Academic Press, New York.)

Volume air mani dan kepadatan sel mani kelinci sangat bervariasi. Salah satu faktor yang mempengaruhi produksi sel mani adalah berat badan dan jenisnya. Jadi semakin berat dan besar tubuh kelinci tersebut, maka semakin besar testisnya, hingga jumlah sel spermatozoa yang akan dihasilkan semakin banyak pula. Produksi ini optimal bila kelinci tersebut baru mencapai umur 32 minggu (Hafez, 1970).

Cheeke dan kawan-kawan (1982) menyebutkan bahwa testis mapu memproduksi sel mani 50 - 250 juta setiap harinya. Sel mani akan diproduksi terus selama kegiatan reproduksi pejantan tersebut masih aktif. Bila sel mani tidak diejakulasikan, maka akan mengalami degenerasi didalam epididymis dan vasa deferens yang akhirnya diserap oleh dinding epididymis.

Air mani kelinci terdiri dari bagian yang padat atau sel mani yang dihasilkan oleh tubulus seminiferus dari testis dan bagian yang cair yang dihasilkan kelenjar ascesoris. Panjang sel mani kelinci dari kepala sampai ekor $\pm 70 - 76$ mikron. Bagian kepala sel mani terdiri dari deoxyribo nucleoprotein, yang sebagian besar terdapat pada intinya sedangkan bagian akrosom banyak mengandung ikatan protein dengan karbohidrat yang disebut akrosom polysacharida. Bagian akrosom juga mengandung enzim hyaluronidase yang mempunyai peranan penting pada proses pembuahan. Bagian leher banyak mengandung lemak dalam bentuk lipoprotein, didapatkan pula cytochrome yang mempunyai peranan penting dalam proses pernapasan. terutama pada selubung mitokondria dari bagian leher sel mani.

Disamping itu masih didapatkan enzim yang lain yang mengatur metabolisme aerob ataupun anaerob, enzim dapat pula ditemukan pada ekor. Pada bagian ekor dan leher sel mani ditemukan pula adanya lemak yaitu plasmalogen. Kulit dari sel mani mengandung protein keratin (Hardjopranjoto, 1976).

Sel mani dalam keadaan anaerob sangat tergantung pada fruktosa sebagai sumber energi utamanya. Fruktosa ini banyak dihasilkan oleh kelenjar vesicula seminalis, sedangkan fruktosa ini masuk kedalam tubuh sel mani dengan jalan difusi. Dan sebagai akibat dari metabolisme anaerob dari fruktosa, maka akan terkumpul asam laktat yang dapat beracun bagi sel mani bila kadarnya cukup tinggi. Sedangkan inositol dan sorbitol yang dihasilkan oleh kelenjar vesicula seminalis berada dalam bentuk bebas dan dapat dirubah menjadi fruktosa yang selanjutnya dapat berfungsi sebagai sumber energi bagi sel mani. adapun zat organik yang lain adalah ergothinine yang dihasilkan oleh kelenjar vesicula seminalis dan berfungsi untuk melindungi sel mani melalui kerja redultip dari gugus sulphydrilnya terhadap ikatan protein intraselluler sel mani. Calcium dalam kadar yang tinggi dapat mengganggu dan mengurangi daya hidup sel mani. Sedangkan kalium mempunyai peran penting terhadap daya hidup dan motilitas sel mani, hingga bila dalam air mani kekurangan ion kalium, maka menyebabkan banyaknya sel mani yang rendah motilitasnya, dan air mani yang demikian mempunyai kesuburan yang rendah. Bahan-bahan anorganik lainnya seperti natrium dan chlor hanya sedikit kadarnya dalam air mani (Hardjopranjoto, 1976 dan

Perry, 1960).

Hormon utama yang mengatur fungsi testis adalah hormon gonadotropin yang dihasilkan oleh kelenjar hipofise anterior. Ada dua macam hormon gonadotropin yang memegang peranan penting dalam mengatur fungsi testis yaitu Follicle Stimulating Hormone (FSH) dan Interstitial Cell Stimulating Hormone (ICSH) atau Luteinizing Hormone (LH). FSH akan merangsang pertumbuhan sel epitel germinatip dari tubulus seminiferus dan mendorong kegiatan proses spermatogenesis. ICSH akan merangsang pertumbuhan sel interstitial yaitu sel Leydig, sehingga dapat memproduksi hormon testoteron. Hormon testoteron ini berpengaruh pada tingkah laku seksual hewan jantan juga bersama-sama FSH akan mendorong proses spermatogenesis. Hormon testoteron juga mempengaruhi fungsi dari epididymis, vasa defferens dan sekresi kelenjar ascesoris. Dengan demikian agar fungsi tubulus seminiferus optimal, maka perlu adanya hormon testoteron, FSH dan ICSH (Hardjopranojoto, 1976 dan Kaltenbach dkk, 1980).

3. Sinar X.

Sinar X pertama kali ditemukan oleh Wilhelm Conrad Rontgen tahun 1895, dan sekarang 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 (Simon, 1981).

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 ditembusnya. Selain itu sinar X juga mempunyai kemampuan mengion-kan bahan yang dikenainya. Ini merupakan sifat dasar dalam usaha memperoleh gambaran radiologi, karena tulang yang mengandung kadar kalsium tinggi menyerap sinar X lebih banyak daripada kulit dan otot yang mempunyai kadar kalsium lebih rendah. Adapun bahan lain seperti karbon, nitrogen dan hidrogen mempunyai berat atom lebih rendah, maka tidak akan terlalu mempengaruhi penyerapan (Simon, 1981).

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 sebuah atom akibat pengaruh sinar X, yang mengalahkan tenaga pengikatnya, maka keseimbangan akan terganggu karena atom tersebut kelebihan muatan positif dan disebut ion positif. Sedangkan 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).

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).

4. Pengaruh Radiasi Sinar X terhadap Testis

Alat kelamin jantan merupakan salah satu jaringan tubuh yang peka terhadap radiasi, disamping jaringan lainnya misalnya : sel lympoid, sumsum tulang, epitel dari gastrointestinal (Jubb dan Kennedy, 1970). Garner's (1967) menyatakan bahwa pengaruh radiasi sinar X ataupun radiasi pengion lainnya terhadap jaringan, tergantung dari besarnya dosis, lamanya waktu penyinaran dan jenisnya jaringan yang dikenai radiasi.

Proses mitosis dan miosis sel germinatip pada testis tikus dihambat oleh radiasi secara langsung, serta dapat menyebabkan kematian dari sel germinatipnya dengan dosis 300 rad. Adapun sel germinatip yang paling peka terhadap radiasi pengion adalah sel spermatogonium karena pada pemberian dosis 300 rad jumlah nekrosis terbanyak terjadi padanya. Hal ini terjadi pada 9 jam setelah pemberian radiasi (Oakberg, 1959). Laporan tersebut sesuai dengan pendapat Leblon dan Clermont (1952) yang menyatakan bahwa gambaran spermatogenesis

ditunjukkan dengan pengaruh radiasi pengion terhadap sel spermatogonium pada tikus. Pendapat tersebut juga didukung oleh Willham dan Cox (1961) yang menyatakan bahwa pada radiasi dengan dosis 900 rad terhadap sel spermatogonium akan mengakibatkan repopulasi dan produksi spermatozoa akan terjadi meskipun lambat. Pada dosis 900 rad juga akan terjadi aspermia antara hari ke 50 sampai 190 setelah penyinaran, hanya setelah hari ke 190 ada beberapa penambahan sperma dan kekurangan rangsangan seksual tidak terlihat setelah perlakuan pada 900 rad atau pada tingkat penyinaran yang lain.

Laporan Oakberg (1959) menyatakan bahwa dengan pemberian radiasi sinar X pada dosis 20 rad sudah dapat menurunkan ukuran dari tubulus seminiferus pada tikus pada hari ke 28 setelah penyinaran. Hal ini disebabkan jaringan dan sel spermatogonia banyak mengalami nekrosis atau menghilang.

Pada anjing dengan pemberian radiasi pada seluruh tubuhnya dengan dosis 50 rad dapat menyebabkan perubahan pada spermatozoanya seperti pada motilitas, jumlah dan banya juga yang mati pada minggu ke 20 sampai 30 setelah penyinaran. Hal ini didukung pula oleh pendapat Oakberg dan Di Minno (1960) yang menyatakan pemberian radiasi secara langsung pada testis tikus akan menyebabkan gangguan morfologi dari spermatozoa, kecepatan ejakulasinya dan dapat menyebabkan juga penurunan jumlah dari spermatid, meningkatkan kerusakan dari spermatosit dan kerusakan spermatogonia dalam testis tikus. Menurut pendapat Gillette, Hopwood, Carlson dan Gassner (1964)

pemberian radiasi pada sapi jantan secara langsung pada testis dengan dosis masing-masing 200 rad, 400 rad, dan 800 rad secara dosis tunggal akan menyebabkan kerusakan spermatozoa pada awal minggu ke 5 setelah penyinaran dan mencapai kerusakan maksimum pada minggu ke 12 sampai 16 setelah penyinaran tersebut. Sedangkan yang menggunakan dosis 100 rad akan menunjukkan kerusakan sel spermatozoa meningkat pada minggu ke 7 setelah penyinaran dan kerusakan mencapai maksimum pada minggu ke 12, bahkan pada dosis 50 rad saja sudah dapat menimbulkan kerusakan pada minggu ke 19 setelah penyinaran dan kembali mendekati normal pada minggu ke 30 setelah penyinaran.

Jumlah energi rem (Rad Equivalen Mammalian) yang diperlukan untuk membunuh 50% organisme yang terkena radiasi pada beberapa hewan seperti babi sebesar 200 rem, anjing sebesar 300 rem, manusia sebesar 400 rem, kera sebesar 500 rem, tikus sebesar 500 rem, tikus besar sebesar 600 rem dan kelinci sebesar 800 rem

BAB III
MATERI DAN METODA PENELITIAN

1. Materi Penelitian

- Hewan Percobaan

Dalam penelitian ini, hewan percobaan yang dipakai sebagai preparat histologis adalah 9 ekor kelinci jantan unggul jenis New Zealand White berumur 11 bulan sampai 12 bulan dalam keadaan sehat dan libido cukup tinggi. Kelinci dipelihara secara individu pada suatu kandang yang terbuat dari bambu berukuran panjang 50 cm, lebar 50 cm dan tinggi 50 cm.

- Bahan-bahan yang dipergunakan

Bahan yang dipergunakan terdiri dari : bahan makanan yaitu BR II (Comfeed) dan makanan hijauan (wortel, rumput, kobis, kangkung dan sebagainya), air kran sebagai air minum kelinci, buffer formalin, bahan untuk proses dehidrasi dan clearing yaitu alkohol 70%, 80%, 95%, 96%, alkohol absolut I, II, xylol I dan II. Bahan untuk pewarnaan HE (Hematoxylin Eosin) dan PAS (Periodic Acid Schiffs Reaction) yaitu : hematoxylin, eosin, asam periodic, schiffs reagent, asam sulfur, dan bahan untuk membuat preparatnya adalah parafin, serta terakhir bahan untuk melekatkan cover gelas terhadap objek gelasnya adalah canada balsam diperlukan juga.

- Alat-alat yang digunakan

Alat-alat yang digunakan terdiri dari : kandang

tempat kelinci, tempat makan dan minum berbentuk cawan yang besarnya sama dan terbuat dari plastik, timbangan sartorius yang mempunyai batasan ketelitian 1/1000 gram yang digunakan untuk menimbang testis, peralatan rontgen Linac 67 lengkap dengan perangkatnya yang digunakan untuk melakukan radiasi terhadap kelinci, alat dehidrasi, mikrotom, hot plate, objek gelas, cover gelas, tempat pewarnaan, mikroskop dan alat-alat yang digunakan untuk melakukan kastrasi seperti : skapel, gunting, pinset, dan silet.

2. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama lima bulan yaitu dimulai pada tanggal 9 februari 1987 dan berakhir pada tanggal 13 juli 1987, di laboratorium pathologi Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga, di laboratorium Histologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga dan di bagian Radiologi R.S.U.P. dr. Soetomo Surabaya.

3. Metode Penelitian

a. Persiapan Penelitian

Sebelum penelitian ini dimulai persiapan yang dilakukan adalah sebagai berikut : kelinci sebanyak 9 ekor berasal dari jenis yang sama yaitu keturunan New Zealand White umur sekitar 8 sampai 9 bulan dan mempunyai libido cukup dan sehat, dipelihara dalam kandang individu selama tiga bulan dengan diberikan makan

yang berlebihan seperti : wortel, rumput, kobis, kangkung, dan konsentrat BR II Comfeed.

Dari 9 ekor kelinci yang berumur 11 sampai 12 bulan secara acak dibagi menjadi 3 kelompok dengan memakai tabel bilangan acak.

Kelompok I ; 3 ekor kelinci digunakan sebagai kelompok yang tidak diberi perlakuan atau kontrol.

Kelompok II : 3 ekor kelinci digunakan kelompok yang memperoleh 600 rad sinar X.

Kelompok III : 3 ekor kelinci digunakan sebagai kelompok yang memperoleh 1000 rad sinar X.

b. Pemberian Sinar X

Dari 9 ekor kelinci jantan diatas setelah dibagi 3 kelompok secara acak, maka kedua kelompok kelinci yang masing-masing memperoleh 600 rad dan 1000 rad sinar X ditempatkan pada suatu kotak karton secara individu dengan ukuran 30 x 40 cm dan tinggi 20 cm, dilengkapi dengan tutupnya juga dari karton.

Secara bergantian masing-masing kelinci yang memperoleh penyinaran 600 rad dan 1000 rad sinar X, ditempatkan tepat dibawah lapangan efektif sinar X (Field Size) 20 x 20 cm dengan jarak penyinaran (SSD atau Source Skin Dose yaitu jarak permukaan kulit dengan sumber radiasi) sejauh 100 cm. Penyinaran

ini dilakukan pada daerah scrotum atau tepatnya daerah pubis daritubuh kelinci secara 2 sampai 3 kali dengan dosis yang setengah dan sepertiga dari dosis yang diperlukan, dengan menggunakan alat rontgen Linac 67. Dan peralatan ini mempunyai tegangan maksimum 6000 kilo volt (KV) dan kuat arus 700 mili Ampere (mA), mempunyai kemampuan mengeluarkan radiasi 300 rad setiap menitnya.

Untuk memperoleh dosis yang digunakan tersebut dengan tepat mencapai target yang dituju (testis) maka ketebalan tubuh kelinci perlu diperhitungkan, begitu pula dengan dosis yang dipergunakan karena sinar X yang menghambur akan mengurangi dosis yang sam-pada organ yang dituju.

Sehingga untuk mencegah terjadinya hal tersebut, maka perlu diperhitungkan dosis yang harus dikeluarkan alat Rontgen Linac 67 tersebut. Untuk menghitung dosis tersebut perlu diperhstikan hal-hal sebagai berikut :

- Ketebalan tubuh dari kelinci
- Luas lapangan penyinaran (field size) dari sinar X tersebut yang digunakan.
- Faktor radiasi sinar hambur (BSF atau Back Scatter Factor).
- Persentase dosis yang sampai target organ pada ketebalan tertentu (DDP atau Depth Dose Prosentase).

Pada penelitian ini ditentukan ketebalan dari

tubuh kelinci yang harus ditembus sinar X yaitu 5 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 untuk DDP sebesar 83,0. Dari angka tersebut dapat dihitung untuk memperoleh dosis yang harus dikeluarkan oleh alat rontgen linac 67 itu.

Dari perhitungan dengan menggunakan rumus tersebut dibawah ini, maka 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 kelinci yang memperoleh dosis 600 rad sinar X alat Linac 67 mengeluarkan dosis sebesar 744 rad selama 2,48 menit dan diberikan pada kelinci dengan cara dua kali penyinaran yaitu masing-masing sebesar 372 rad selama 1,24 menit. Sedangkan kelompok yang memperoleh dosis 1000 rad sinar X alat Linac 67 mengeluarkan dosis sebesar 1240 rad selama 4,14 menit dan diberikan pada kelinci dengan cara tiga kali pemberian atau penyinaran yang masing-masing sebesar 413 rad selama 1,38 menit.

Setelah penyinaran kelinci tersebut masih dipelihara selama 11 hari lagi. Selama pemeliharaan ini kelinci tersebut diberi makan dan minum dalam jumlah

tidak terbatas (ad libitum), dan pada hari yang ke-11 setelah penyinaran kelinci-kelinci ini dikastrasi. Kemudian dipisahkan testisnya secara legeartis dengan membuang jaringan yang tidak diperlukan, testis ditimbang dan dimasukkan dalam tempat buffer formalin yang sudah tersedia.

c. Pembuatan Preparat Histologi

Pembuatan preparat histologi dilakukan di laboratorium Pathologi Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga dan di laboratorium Pathologi Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Udayana, adapun sebelum pembuatan preparat tersebut tiap testis dibagi menjadi 4 bagian dan dimana tiap-tiap bagian dari testis diproses untuk pembuatan preparat histologi. Pembuatan preparat histologi dengan cara-cara sebagai berikut :

1. Fixasi dan pencucian
2. Dehidrasi dan clearing
3. Infiltrasi
4. Pembuatan balok paraffin
5. Pengirisan dengan mikrotom
6. Pewarnaan
7. Penutupan dengan cover gelas
8. Pemeriksaan dengan mikroskop.

1. Fixasi dan pencucian

Bertujuan :

- mencegah terjadinya degenerasi post mortem
- mematikan kuman
- meningkatkan affinitas jaringan terhadap bermacam-macam zat warna
- memudahkan pemotongan jaringan
- meningkatkan index refraksi berbagai komponen jaringan.

Reagen : formalin 10%

Cara kerja : setelah diadakan kastrasi, kedua testis dari kelinci tersebut diambil selanjutnya dimasukkan kedalam formalin 10% sekurang-kurangnya 24 jam, kemudian dilakukan pencucian dengan air kran yang mengalir selama setengah jam.

2. Dehidrasi dan clearing

Bertujuan : untuk menarik air dari jaringan, membersihkan dan menjernihkan jaringan.

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

Cara kerja : testis yang sudah dicuci dengan air kran selama setengah jam, selanjutnya dimasukkan dalam reagen dengan urutan sebagai berikut : alkohol 70%, 80%, 95%, 96%, alkohol absolut I, II, xylol I, II, masing-masing setengah jam.

3. Infiltrasi

Bertujuan : untuk menginfiltrasi jaringan.

Reagen : parafin I dan parafin II.

Cara kerja : jaringan dimasukkan dalam parafin I yang mencair, kemudian dimasukkan dalam oven selama 1/2 jam selanjutnya dimasukkan dalam parafin II dan dimasukkan lagi dalam oven selama 1/2 jam pada suhu 60°C.

4. Pembuatan balok parafin

Bertujuan : supaya jaringan mudah dipotong.

Reagen : parafin cair.

Cara kerja : sediakan beberapa cetakan besi yang sebelumnya diolesi gliserin dengan maksud mencegah lekatnya parafin pada cetakan, kemudian potongan testis dimasukkan kedalamnya dengan menggunakan pinset dan ditunggu sampai parafin membeku.

5. Pengirisan dengan mikrotom

Bertujuan : untuk memotong jaringan, sehingga jaringan dapat dilihat dibawah mikroskop.

Alat : mikrotom

Cara kerja : pemotongan testis dilakukan secara random dimana yang semula tiap testis tersebut dibagi 4 bagian, maka tiap-tiap bagian ini atau potongan testis diambil irisan sebanyak 3 preparat atau potongan tipis dengan tebal 5-7 mikron, kemudian dimasukkan kedalam air hangat yang bersuhu 20-30°C sampai jaringan mengembang atau tidak ada lipatannya kemudian diletakkan pada objek gelas yang sebelumnya telah diolesi dengan

egg albumin (putih telur), selanjutnya dikeringkan diatas hot plate atau dibiarkan sampai kering.

6. Perwarnaan

Bertujuan : untuk memudahkan melihat perubahan-perubahan pada jaringan, disini digunakan 2 macam pewarnaan yaitu :

- a. Pewarnaan HE (Hematoxylin Eosin)
- b. Perwarnaan PAS (Periodic Acid Schiff reaction)

Dengan pewarnaan HE dapat dilihat dengan jelas bentuk masing-masing selnya, dimana sitoplasmanya berwarna merah dan intinya berwarna biru. Pada pewarnaan PAS khususnya untuk melihat 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 tudang kepala dan fase akrosome.

Cara kerja : a. Pewarnaan HE

Dilakukan dengan metode Harris, dengan cara sebagai berikut : jaringan yang telah dikeringkan dimasukkan dalam xylol I selama 3 menit dengan tempat khusus, dan selama 1 menit dalam xylol II, kemudian dimasukkan alkohol absolut I dan II,

alkohol 96%, 95%, 80%, 70% dan air kran masing-masing selama 1 menit. Selanjutnya organ dimasukkan kedalam 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 eosin selama seperempat menit, kemudian dimasukkan lagi kedalam aquades secukupnya. Selanjutnya dimasukkan dalam alkohol 70%, 80%, masing-masing selama setengah menit, juga dimasukkan dalam alkohol 96%, alkohol absolut I dan II masing-masing selama 1 menit, serta yang terakhir dimasukkan dalam xylol I dan II masing-masing selama 1 sampai 2 menit dan selanjutnya dibersihkan dan sisa-sisa pewarnaan.

b. Pewarnaan PAS

Pewarnaan PAS dilakukan dengan cara sebagai berikut : jaringan yang telah dikeringkan dimasukkan dalam xylol I selama 3 menit dan selama 1 menit masing-masing dalam xylol II, alkohol absolut I dan II, alkohol 96%, 80%, 70%, dan air kran, selanjutnya dalam larutan periodic acid selama 5 menit, air kran selama 2 sampai 5 menit, reagen schiffs selama 15 menit, kemudian 2 menit pada sulfur acid I, II, III dan air kran, selanjutnya zat warna Harris 5 sampai 10 menit, aquades secukupnya dan setengah menit

masing-masing alkohol 70%, 80%, dan 1 menit pada alkohol 96%, alkohol absolut I dan II, terakhir selama 1 sampai 2 menit dalam xylol I dan II, selanjutnya dibersihkan dari sisa-sisa pewarnaan.

7. Penutupan dengan cover gelas atau mounting

yaitu penutupan dari hasil pewarnaan tersebut dengan cover gelas, yang sebelumnya ditetesi dengan canada balsam.

8. Pemeriksaan mikroskopis

Setelah preparat ditutup dengan cover gelas, maka sudah dapat dilihat dibawah mikroskop yang dimulai dengan memakai pembesaran lensa objektif 10X, 20X dan 40X dengan memberikan oil emersi. Dimana tiap preparat dilihat sebanyak 5 tubulus seminiferus yang dilakukan secara random.

d. Analisis Data

Hasil yang berupa angka dari pada jumlah masing-masing sel germinatifnya dan diameter dari tubulus seminiferus dicatat pada lembaran data. Selanjutnya dibuat suatu tabel dari data-data tersebut, 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 sangat nyata atau yang berbeda

nyata, baik antara kelompok kontrol dengan kelompok yang memperoleh radiasi sinar X pada kedua dosis ataupun antara kelompok yang memperoleh radiasi sinar X itu sendiri (Steel dan Torrie, 1980).

Dalam penelitian ini dibuat hipotesis sebagai berikut :

- * Hipotesis Nihil (H_0) : Tidak ada pengaruh pemberian radiasi sinar X pada daerah pubis atau scrotum pada dosis 600 rad dan 1000 rad terhadap perubahan diameter tubulus seminiferus dan jumlah sel-sel germinatif testis kelinci.
- * Hipotesis Alternatif (H_A) : Terdapat pengaruh pemberian radiasi sinar X pada daerah pubis atau scrotum pada dosis 600rad dan 1000 rad terhadap perubahan diameter dan jumlah sel-sel germinatif pada testis kelinci.

Kreteria 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 DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh pemberian sinar X terhadap perubahan histologi testis pada 9 ekor kelinci jantan, hasilnya diuraikan pada beberapa sub bab dengan beberapa data yang disajikan dalam bentuk tabel seperti terlihat dibawah ini.

4.1. Jumlah Sel Spermatogonium pada Tubulus Seminiferus.

Perhitungan jumlah sel spermatogonium dalam tubulus seminiferus, hasilnya dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini, dimana K_1 adalah kelompok kontrol, K_2 dan K_3 masing-masing adalah kelompok yang memperoleh sinar X dengan dosis 600 rad dan 1000 rad.

Tabel 1. Hasil perhitungan sel spermatogonium pada tubulus seminiferus dari testis kelinci kelompok 1 sampai kelompok 3.

No. kelinci	Jumlah sel spermatogonium		
	K_1	K_2	K_3
1.	76,60	38,80	27,40
2.	71,00	39,60	22,40
3.	74,00	35,20	26,60
$\sum X$	221,60	113,60	76,40
\bar{X}	73,87	37,87	25,47
SE	2,80	2,34	2,68

Tabel 1 diatas dapat dibaca bahwa pada kelompok K_1 (kontrol) merupakan kelompok paling banyak mengandung

Tabel 2 . Hasil perhitungan sel spermatoosit I dan II pada tubulus seminiferus testis kelinci kelompok 1 sampai kelompok 3.

No. kelinci	Jumlah sel spermatoosit I dan II		
	K ₁	K ₂	K ₃
1.	59,60	15,20	2,40
2.	53,40	13,80	3,00
3.	52,00	13,20	2,40
ΣX	165,00	42,20	7,80
\bar{X}	55,00	14,07	2,60
SE	4,04	1,03	0,37

Dari hasil analisa statistik memakai Analisa Varian dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Jujur menurut metode Tukey (Steel dan Torrie, 1960), ternyata didapatkan adanya perbedaan yang sangat nyata ($P \leq 0,01$) dari jumlah sel spermatoosit I dan II antara semua kelompok yaitu antara kelompok kontrol (K₁) dengan kelompok K₂ dan K₃, demikian pula antara kelompok K₂ dengan kelompok K₃ (lihat lampiran IV).

Adapun besarnya penurunan jumlah sel spermatoosit I dan II pada gambaran histologi tiap irisan tubulus seminiferus dari kelompok kelinci yang masing-masing memperoleh 600 rad dan 1000 rad sinar X adalah sebanyak 40,93 sel dan 52,40 sel dibandingkan dengan kelompok kontrol. Makin tinggi dosis sinar X yang diberikan, makin banyak pula timbulnya kerusakan pada sel spermatoosit I dan II (Garner, 1967). Hal ini terjadi karena sel spermatoosit I dan II tergolong sel yang masih peka terhadap pengaruh radiasi pengion setelah sel spermatogonium (Bergonie dan Tribondeau yang dikutip oleh Garner, 1967).

dan 1000 rad adalah masing-masing sebesar 36 sel dan 48,40 sel dibandingkan dengan kelompok kelinci yang tidak memperoleh penyinaran. Penurunan 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. Hasil 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.

4.2. 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 testis kelinci jantan kelompok kontrol (K_1) dan kelompok kelinci yang memperoleh radiasi sinar X dengan dosis 600 rad dan 1000 rad, hasilnya dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Hasil perhitungan sel spermatisit I dan II pada tubulus seminiferus testis kelinci kelompok 1 sampai kelompok 3.

No. kelinci	Jumlah sel spermatisit I dan II		
	K_1	K_2	K_3
1.	59,60	15,20	2,40
2.	53,40	13,80	3,00
3.	52,00	13,20	2,40
ΣX	165,00	42,20	7,80
\bar{X}	55,00	14,07	2,60
SE	4,04	1,03	0,37

Dari tabel 2 terbaca bahwa pada kelompok kontrol, mengandung jumlah sel spermatoosit I dan II yang terbanyak dan berkisar antara 52,00 sampai 59,60 dengan angka rata-rata $55,00 \pm 4,04$. Kelinci kelompok 2 jumlah sel spermatoosit I dan II berkisar antara 13,20 sampai 15,20 dengan angka rata-rata $14,07 \pm 1,03$, sedang kelompok 3 jumlah sel spermatoosit I dan II paling sedikit berkisar antara 2,40 sampai 3,00 dengan angka rata-rata $2,60 \pm 0,37$.

Dari hasil analisa statistik memakai Analisa Varian dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Jujur menurut metode Tukey (Steel dan Torrie, 1980), ternyata didapatkan adanya perbedaan yang sangat nyata ($P \leq 0,01$) dari jumlah sel spermatoosit I dan II antara semua kelompok yaitu antara kelompok kontrol (K_1) dengan kelompok K_2 dan K_3 , demikian pula antara kelompok K_2 dengan kelompok K_3 (lihat lampiran IV).

Adapun besarnya penurunan jumlah sel spermatoosit I dan II pada gambaran histologi tiap irisan tubulus seminiferus dari kelompok kelinci yang masing-masing memperoleh 600 rad dan 1000 rad sinar X adalah sebanyak 40,93 sel dan 52,40 sel dibandingkan dengan kelompok kontrol. Makin tinggi dosis sinar X yang diberikan, makin banyak pula timbulnya kerusakan pada sel spermatoosit I dan II (Garner, 1967). Hal ini terjadi karena sel spermatoosit I dan II tergolong sel yang masih peka terhadap pengaruh radiasi pengion setelah sel spermatogonium (Bergonie dan Tribondeau yang dikutip oleh Garner, 1967).

4.3. Jumlah Sel Spermatid pada Tubulus Seminiferus.

Perubahan yang terjadi pada jumlah sel spermatid yang terdapat pada tubulus seminiferus dari testis kelinci jantan sebagai akibat pengaruh pemberian sinar X dengan dosis yang sama seperti pada tabel sebelumnya, hasilnya dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Hasil perhitungan sel spermatid pada tubulus seminiferus dari testis kelinci kelompok 1 sampai kelompok 3.

No. kelinci	Jumlah sel spermatid		
	K ₁	K ₂	K ₃
1.	32,40	3,40	1,00
2.	34,00	2,00	1,00
3.	34,40	2,00	1,20
ΣX	100,80	7,40	3,20
\bar{X}	33,60	2,47	1,07
SE	1,06	0,81	0,11

Tabel 3 diatas dapat dibaca bahwa pada kelompok K₁ (kontrol) jumlah sel spermatid yang paling banyak dan berkisar antara 32,40 sampai 34,40 dengan angka rata-rata 33,60 \pm 1,06, kelompok K₂ jumlah sel spermatid antara 2,00 sampai 3,40 dengan angka rata-rata 2,47 \pm 0,81. Sedangkan kelompok K₃ jumlah sel spermatid yang paling sedikit dan berkisar antara 1,00 sampai 1,20 dengan angka rata-rata 1,07 \pm 0,11.

Hasil uji statistik terhadap jumlah sel spermatid pada tubulus seminiferus antara ketiga kelompok kelinci 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_2 dan kelompok K_3 . Tetapi antara kelompok K_2 dengan kelompok K_3 tidak terdapat perbedaan yang nyata ($P > 0,05$) (analisa statistik lihat lampiran VI).

Penurunan jumlah sel spermatid akibat radiasi sinar X yaitu sebanyak 31,13 sel dan 32,53 sel bila dibandingkan kelompok kontrol . Hal ini sesuai dengan tingkat differensiasi 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), sel spermatid menempati posisi setelah sel spermatogonium dan sel spermatosit I serta spermatosit II (Cipolaro dan Crossland, 1967). Kenyataan dari hasil penelitian ini sesuai dengan pernyataan Oakberg (1959) bahwa kandungan kromosome yang berbeda dalam sel menyebabkan pula tidak samanya tanggapan sel terhadap radiasi.

4.4. Jumlah Sel Spermatozoa pada Tubulus Seminiferus.

Hasil perhitungan sel spermatozoa yang terdapat pada tubulus seminiferus dari testis kelinci jantan sebagai akibat dari pengaruh pemberian sinar X dengan dosis 600 rad dan 1000 rad, hasilnya dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Hasil perhitungan sel spermatozoa pada tubulus seminiferus testis kelinci kelompok 1 sampai kelompok 3.

No. kelinci	Jumlah sel spermatozoa		
	K ₁	K ₂	K ₃
1.	19,20	0	0
2.	18,00	0	0
3.	17,80	0	0
\bar{X}	55,00	0	0
\bar{X}	18,33	0	0
SE	0,76	0	0

Pada tabel 4 dapat dibaca bahwa pada kelompok kontrol jumlah sel spermatozoa yang paling banyak atau yang ada sel spermatozoa berkisar antara 17,80 sampai 19,20 dengan angka rata-rata $18,33 \pm 0,76$. Kelinci kelompok K₂ dan kelompok K₃ tidak dijumpai adanya sel spermatozoa.

Dari gambaran histologi irisan tubulus seminiferus, penurunan sel spermatozoa akibat penyinaran 600 rad dan 1000 rad sinar X adalah masing-masing sebesar 18,33 sel bila dibanding kelompok kontrol. Kenyataan ini sesuai dengan hasil penelitian dari William dan Cox (1961) bahwa babi jantan yang diberi radiasi sebesar 350 rad dapat menurunkan sel spermatozoa sampai 50% dari kelompok kontrol , juga pada babi-babi yang belum dewasa diberi radiasi sebesar 300-400 rad pada testisnya, maka tidak didapatkan penyembuhan secara sempurna seperti pada tingkatan kelompok kontrol setelah 350 hari sesudah

penyinaran. Hal ini sesuai pula dengan pernyataan Cipollaro dan Crossland (1967) bahwa tingkatan differensiasi sel spermatozoa didalam proses spermatogenesis menempati tahap akhir. Selama proses tersebut, sel spermatozoa yang dibentuk dari sel spermatid lewat proses metamorfosa selluler telah mengalami pematangan dan pengurangan kandungan airnya. Ini dikaitkan dengan pernyataan yang dikemukakan oleh Mincler dkk (1971) bahwa kandungan air yang terdapat didalam suatu sel, ikut serta berperan dalam penentuan kepekaan sel terhadap pengaruh radiasi pengion (sinar X), karena semakin banyak pula terbentuknya radikal H^+ dan OH^- , sehingga dengan banyaknya radikal bebas yang terbentuk juga akan menyebabkan banyak pula reaksi yang ditimbulkannya terhadap sel tersebut. Akibat reaksi ini, maka sel akan terganggu fungsinya dan sel akan mengalami kerusakan atau kematian.

4.5. Diameter Tubulus Seminiferus.

Perubahan yang terjadi pada tubulus seminiferus dari testis kelinci jantan akibat pengaruh pemberian sinar X dengan dosis 600 rad (K_2) dan 1000 rad (K_3) dibandingkan dengan kelompok kontrol (K_1), hasilnya dapat dilihat pada tabel 5 dibawah ini.

Dari tabel 5 dapat dibaca bahwa pada kelompok kontrol (K_1) diameter tubulus seminiferus paling besar yang berkisar antara 211,25 μ sampai 267,50 μ dengan angka rata-rata 242,08 $\mu \pm 28,51 \mu$. Kelompok K_2 diameter tubulus seminiferus berkisar antara 147,50 μ sampai 175,00 μ dengan angka rata-

rata $160,00 \mu \pm 13,92 \mu$, sedangkan kelompok K_3 merupakan kelompok yang paling kecil diameter tubulus seminiferus dan berkisar antara $128,75 \mu$ sampai $147,50 \mu$ dengan angka rata-rata $135,58 \mu \pm 10,36 \mu$.

Tabel 5. Hasil pengukuran diameter tubulus seminiferus dari testis kelinci kelompok 1 sampai kelompok 3.

No. kelinci	Diameter tubulus seminiferus (μ)		
	K_1	K_2	K_3
1.	267,50	175,00	147,50
2.	211,25	147,50	128,75
3.	247,50	157,50	130,50
ΣX	726,25	480,00	406,75
\bar{X}	242,08	160,00	135,58
SE	28,51	13,92	10,36

Hasil analisa statistik, memakai Analisa Varian dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Jujur menurut metode Tukey (Steel dan Torrie, 1980) didapat adanya perbedaan yang sangat nyata ($P \leq 0,01$) dari diameter tubulus seminiferus pada kelompok K_2 dan kelompok K_3 dibanding kelompok K_1 , tapi antara kelompok K_2 dengan kelompok K_3 tidak ada perbedaan yang nyata ($P > 0,05$) (analisa statistik lihat lampiran X).

Dari gambaran histologi irisan tubulus seminiferus, maka pemberian radiasi sinar X dapat memperkecil diameter tubulus seminiferus sebesar $82,08 \mu$ dan $106,50 \mu$ dibandingkan dengan kelompok kontrol (K_1). Sinar X menimbulkan hambatan terhadap proses mitosis dan miosis 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 Mincler dkk, 1971). Ini sesuai pula dengan pendapat Steinberger (1978) yang menyatakan bahwa semua tahapan proses spermatogenesis peka terhadap pengaruh radiasi pengion. Adapun kerusakan yang ditimbulkan terhadap sel-sel germinatif ditandai oleh kerusakan kromosome pada inti sel serta terhambatnya proses mitosis dan meiosis dari sel germinatifnya. Juga menurut Bloom yang dikutip oleh Mincler (1971), terhambatnya proses mitosis dan meiosis dari sel spermatogonium merupakan faktor pendukung untuk terjadinya pengurangan atau habisnya sel germinatif yang lainnya seperti sel spermatosit primer, sel spermatosit sekunder, sel spermatid dan sel spermatozoa.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

I. Kesimpulan.

1. Radiasi sinar X pada testis dapat mengakibatkan gangguan perkembangan sel germinatif dan penyempitan rongga tubulus seminiferus.
2. Makin tinggi dosis radiasi, makin besar pula gangguan perkembangan sel germinatif dari tubulus seminiferus pada testis kelinci.

II. Saran.

1. Perlu diadakan penelitian lanjutan dengan memakai dosis radiasi yang lebih rendah dari 600 rad pada hewan percobaan yang sama.
2. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh radiasi pada hewan lain, terutama tentang kuantitas dan kualitas air maninya.
3. Perlu diadakan penelitian lanjutan untuk melihat pengaruh radiasi terhadap hasil perkawinan antara kelinci jantan yang memperoleh radiasi dengan betina yang normal.
4. Penelitian yang sama ditujukan kepada kelinci betina untuk mengetahui pengaruhnya pada alat reproduksi.
5. Penelitian tentang obat-obat yang dapat menghambat pengaruh radiasi terhadap organ reproduksi.

BAB VI

RINGKASAN

Dari penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh pemberian sinar X terhadap perubahan-perubahan histologi testis dari ketiga kelompok kelinci jantan yang berumur antara 11 bulan sampai 12 bulan dengan berat badan antara 5 sampai 6 kilogram, yang penyinarannya secara dosis tunggal pada daerah pubis atau scrotum kelinci, hasilnya adalah sebagai berikut :

Pada jumlah sel spermatogonium yang ada dalam tubulus seminiferus antara masing-masing kelompok yang memperoleh 0 rad sinar X rata-rata sebanyak $73,87 \pm 2,80$; 600 rad sinar X rata-rata sebanyak $37,87 \pm 2,34$; sedangkan untuk yang 1000 rad sinar X rata-rata sebanyak $25,47 \pm 2,68$. Sehingga terdapat perbedaan yang sangat nyata ($P \leq 0,01$) antara semua perlakuan.

Pada jumlah sel spermatisit I dan II yang ada dalam tubulus seminiferus antara masing-masing kelompok yang memperoleh 0 rad sinar X rata-rata sebanyak $55,00 \pm 4,04$; 600 rad sinar X rata-rata sebanyak $14,07 \pm 1,03$; sedangkan untuk yang 1000 rad sinar X rata-rata sebanyak $2,60 \pm 0,37$. Sehingga terdapat adanya perbedaan yang sangat nyata antara semua perlakuan ($P \leq 0,01$).

Pada jumlah sel spermatid yang ada dalam tubulus seminiferus antara masing-masing kelompok yang memperoleh 0 rad sinar X rata-rata sebanyak $33,60 \pm 1,06$; untuk yang 600 rad sinar X rata-rata sebanyak $2,47 \pm 0,81$; sedangkan untuk yang 1000 rad sinar X rata-rata sebanyak $1,07 \pm 0,11$.

Sehingga terdapat adanya perbedaan yang sangat nyata ($P \leq 0,01$) antara kelompok kontrol dengan kelompok yang memperoleh 600 rad dan kelompok yang memperoleh 1000 rad. Tetapi antara kelompok 600 rad dengan kelompok 1000 rad tidak didapatkan perbedaan yang nyata ($P > 0,05$).

Jumlah sel spermatozoa yang ada dalam tubulus seminiferus antara masing-masing kelompok yang memperoleh 0 rad sinar X rata-rata sebanyak $18,33 \pm 0,76$; untuk yang memperoleh 600 rad sinar X dan 1000 rad sinar X tidak ditemukan sel spermatozoa.

Pada diameter tubulus seminiferus antara kelompok yang masing-masing memperoleh 0 rad sinar X rata-rata sebesar $242,08 \mu \pm 28,51 \mu$; untuk yang memperoleh 600 rad sinar X rata-rata sebesar $160,00 \mu \pm 13,92 \mu$; sedangkan yang memperoleh 1000 rad sinar X rata-rata sebesar $135,58 \mu \pm 10,36 \mu$. Didapatkan adanya perbedaan yang sangat nyata ($P \leq 0,01$) antara kelompok kontrol (0 rad) dengan kelompok 600 rad dan kelompok 1000 rad sinar X. Sedangkan antara kelompok yang memperoleh 600 rad sinar X dengan kelompok yang memperoleh 1000 rad sinar X tidak didapat perbedaan yang nyata ($P > 0,05$).

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Adam, C.E. 1981. Artificial Insemination in the Rabbit. The Tehnique and Aplication to Practice. J. of Aplied Rabbit Research. 4. p. 14 - 40.
- Anonimus. 1959. A M Kuzin Nuclear Explosion, A World-wide hazard, Foreign Languages Publishing House, Moscow. p 55.
- Anonimus. 1975. Manual of Histologic and Special Staining Technics. Armed Forces Institute of Phatology. Washing-ton, D.C. p. 29 - 36.
- Cheeke, P.R.; N.M. Patton and G.S. Templeton. 1982. Rabbit Production. 5th Ed. The Interstate Printers and Publi-sher. Inc. Danville, Illionis.
- Cipolallaro, A.C. and P.W. Crossland. 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 Clarke, M.L. 1975. Radioaktif Material. In Toxicology. Bailliere Tindall Printed. Great Britain. p. 395 - 403.
- Cole, H.H. and P.T. Cupps. 1964. Reproduction in Domestic Ani-mal. 3rd Ed. Academic Press, New York. p. 224 - 226, 291 - 293.
- Ehrenberg, L. 1959. Radiobiological Mechanism of Genetic ef-fect. Radiation Research. Supplement 1. p. 102 - 123.
- Garner, R.J. 1967. Somatic effect of irradiation, In Radia-tion Material. Robert Mac Lehose Company. Great Britain. 7. p. 408 - 441.
- Garner, D.L. 1960. Spermatozoa. in Hafez : Reproduction in Farm Animal. 4th Ed. School of Medicine Wayne State Uni-versity Detroit, Michigan. Philadelphia. p. 167 - 187.
- Gillette, E.L.; Hopwood, H.L.; Carlson, J.D. and Gassner, F.X. 1964. The Effect of X - Irradiation of Bovine Testicles on Semen. Radiation Research 22. p. 264 - 275.
- Hafez, E.S.E. 1970. Reproduction and Breeding Technique for Laboratory Animals. Lea and Febiger. Philadelphia. p. 275-275.

- Hafez, E.S.S. 1960. Reproduction in Farm Animals. 4th Ed. School of Medicine Wayne State University Detroit, Michigan. Lea and Febiger. Philadelphia. p. 7 - 28.
- Mardjopranjoto, S. 1981. Fisiologi reproduksi. Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga. p. 89 - 90.
- Jubb, K.V.C. and F.C. Kennedy. 1970. Pathology effect of ionizing radiation. Pathology of Domestic Animals. 2nd Ed. Academic Press. New York, San Francisco, London. 16. p. 345 - 348.
- Kaltenbach, C.C. and T.C. Dunn. 1980. Endocrinology of Reproduction. in Hafez : Reproduction in Farm Animal. 4th edition. Lea and Febiger. Philadelphia. p. 85 - 112.
- Nele, A.H. 1959. Some aspects of Mammalian Radiobiology. Radiation Research, Supplement 1. p. 124 - 148.
- Hounib, M.S. and H.C. Chang. 1964. Effect of Irradiation on The Metabolism of Spermatozoa. Radiation Research 22. p. 144 - 154.
- Oakberg, A.F. 1959. Initial Depletion and Subsequent Recoverys of Spermatogonia of Mouse after 20 R of Gamma Rays and 100, 500, and 600 R of X-Rays. Radiation Research 11. p. 700 - 719.
- Purteledimardjo, J. 1960. Ilmu Reproduksi Hewan. Fakultas Kedokteran Veteriner. Jurusan Reproduksi. Institut Pertanian Bogor. Rutiara Jakarta. p. 15 - 42, 517 - 547.
- Perry, E.J. 1960. Artificial Insemination of farm Animals. 3rd Ed. Rutgers Univ. Press. New York. p. 32 - 102.
- Wadeleft, R.D. 1970. Effect of Radiation. Veterinary Toxicology. 2nd ed. Philadelphia, Lea and Febiger. p. 323 - 327.
- Salisbury, G.W.; Van Demark, N.L.; and J.R. Lodge. 1978. Physiology of Reproduction and Artificial Insemination of Cattle. 2nd edition. Freeman Company, San Francisco. p. 211 - 225.

- Satari, G. 1985. Aplikasi Teknik Nuklir dalam bidang Pertanian dan Peternakan. Laporan Pertemuan Ilmiah Aplikasi 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. hal. 17 - 33.
- Stocken, L.A. 1959. Some Observation on Biochemical effect of X-Radiation. Radiation Research. Supplement 1. p. 53 - 72.
- Steinberger, M. 1978. The Etiology and Pathophysiology of Testicular Dysfunction in Man. In Fertility and Sterility. Vol. 29. No. 5. p. 418 - 489.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1980. Principles and Procedures Statistics A Biometrical Approach. Mc Graw Hill. New York. p. 157 - 238.
- Suhadi, F. 1972. Perbaikan Kerusakan DNA pada Micrococcus radiodurans. Simposium II Aplikasi Radioisotop. Pusat Penelitian Pasar Jum'at, Badan Tenaga Atom Nasional. Jakarta. hal. 121 - 132.
- Sudarsono, B. 1985. Aplikasi Tenaga Nuklir dalam bidang Pertanian dan Peternakan. Dalam Sambutan Direktur Jendral BAFAN pada Pertemuan Ilmiah Aplikasi Tehnik Nuklir dalam bidang Pertanian dan Peternakan. Dilaksanakan oleh Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi. LIPI, Juli 1985.
- Swierstra, E. and R.H. Foote. 1964. Duration of Spermatogenesis and Spermatozoan Transport in the Rabbit based on Cytological changes, DNA Synthesis and Labeling with Tritiated Thymidine. American Journal Anatomy 116. p. 401-412.
- Templeton, G.S. 1963. Domestic Rabbit Production. 4th Ed. Interstate Printers and Publisher Danville, Illionis. p. 74 - 77.

- Toelihere, ... 1961. Fisiologi Reproduksi pada Ternak. Fakultas Kedokteran Veteriner, Institut Pertanian Bogor. Penerbit Angkasa Bandung. hal. 62 - 127.
- Tujudinoor, J. 1987. Pengaruh Radiasi Sinar X terhadap Perubahan Histologi Testes Mencit. Fakultas Kedokteran Hewan Airlangga.
- William, N.L. and D.C.Cox. 1961. Sperm Production in Swine after exposure to X-irradiation. Radiation Research 14. p. 225 - 227.
- Wolff, S. 1960. Problem of Energy Transfer in Radiation Induce Chromosome Damage. Radiation Research 2. p. 127 - 132.

L a m p i r a n

LAMPIRAN I. Hasil perhitungan sel spermatogonium pada tubulus seminiferus dari testis kelinci kelompok kontrol (0 rad) sampai kelompok 1000 rad sinar X.

No. kelinci		Jumlah sel spermatogonium pada tub. seminiferus					
		1	2	3	4	5	Rata-rata
Kontrol	1.	77,50	80,25	75,75	74,75	74,75	76,60
	2.	69,75	67,50	70,25	73,25	74,25	71,00
	3.	79,00	80,25	83,25	65,75	65,75	74,80
600 rad	1.	46,50	44,50	40,25	30,75	32,00	38,80
	2.	39,00	39,25	42,75	44,50	32,50	39,60
	3.	35,25	36,25	39,50	33,25	31,75	35,20
1000 rad	1.	33,25	31,75	19,75	25,25	27,00	27,40
	2.	25,75	21,25	17,75	23,75	23,50	22,40
	3.	32,50	27,25	28,50	20,50	24,25	26,60

LAMPIRAN II. Evaluasi statistik jumlah sel spermatogonium pada tubulus seminiferus dari kelinci yang memperoleh 0 rad, 600 rad dan 1000 rad sinar X.

$$JK_{\text{Total}} = \sum X_T^2 - \frac{(\sum X_T)^2}{t \cdot n} = 22657,28 - \frac{(411,6)^2}{9}$$

$$= 22657,28 - 18823,84 = 3833,44$$

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

$$= \frac{(221,60)^2 + (113,60)^2 + (76,40)^2}{3} - 18823,84$$

$$= 22616,16 - 18823,84 = 3792,32$$

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

$$= 3833,44 - 3792,32 = 41,12$$

$$db_{\text{Perlakuan}} = t - 1 = 3 - 1 = 2 ; db_{\text{Sisa}} = t(n-1)$$

$$= 3(3-1) = 6$$

$$KT_{\text{Perlakuan}} = JK_{\text{Perlakuan}} : db_{\text{Perlakuan}}$$

$$= 3792,32 : 2 = 1896,16$$

$$KT_{\text{Sisa}} = JK_{\text{Sisa}} : db_{\text{Sisa}}$$

$$= 41,12 : 6 = 6,8533$$

$$F_{\text{Hitung}} = KT_{\text{Perlakuan}} : KT_{\text{Sisa}}$$

$$= 1896,16 : 6,8533 = 276,678$$

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	2	3792,32	1896,16	276,678	5,14	10,92
Sisa	6	41,12	6,8533			
Total	8	3833,44				

Lanjutan LAMPIRAN II.

Oleh karena $F_{Hitung} (276,678) > F_{Tabel} 0,01 (5,14)$ maka H_0 ditolak sedang H_a diterima. Berarti ada perbedaan yang sangat nyata dari jumlah sel spermatogonium pada tubulus seminiferus, sekurang-kurangnya satu pasang perlakuan. Untuk menentukan perlakuan yang mana yang sangat berbeda nyata tersebut dilakukan uji beda nyata jujur secara 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 $db_{Sisa} = 6$ dan $t = 3$, maka didapatkan harga $Q 5\% = 4,34$ dan harga $Q 1\% = 6,33$

$$BNJ 5\% = 4,34 \times \sqrt{\frac{6,8533}{3}} = 6,559$$

$$BNJ 1\% = 6,33 \times \sqrt{\frac{6,8533}{3}} = 9,564$$

Rata-rata jumlah sel spermatogonium	\bar{X}_I	\bar{X}_{II}	\bar{X}_{III}
	73,87	37,87	25,47
\bar{X}_I 73,87	0	36,00 **	48,40 **
\bar{X}_{II} 37,87		0	12,40 **
\bar{X}_{III} 25,47			0
	BNJ 5% = 4,34		BNJ 1% = 6,33

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

LAMPIRAN III. Hasil perhitungan sel spermatis I dan II pada tubulus seminiferus dari testis kelinci kelompok kontrol (0 rad) sampai kelompok 1000 rad sinar X.

No. kelinci		Jumlah sel spermatis I dan II pada tub. seminiferus.					
		1	2	3	4	5	Rata-rata
Kontrol	1.	61,50	63,25	59,25	58,00	56,00	59,60
	2.	54,25	55,50	54,00	52,00	51,25	53,40
	3.	50,50	51,25	53,00	52,00	53,25	52,00
600 rad	1.	12,75	13,25	15,25	17,00	17,75	15,20
	2.	12,50	12,50	15,50	15,25	13,25	13,80
	3.	12,25	13,00	12,50	13,75	14,50	13,20
1000 rad	1.	2,00	2,75	1,25	3,50	2,50	2,40
	2.	2,25	1,75	4,00	3,75	3,25	3,00
	3.	3,50	2,50	2,25	2,25	1,50	2,40

LAMPIRAN IV. Evaluasi statistik sel spermatozoid I dan II pada tubulus seminiferus dari kelinci yang memperoleh 0 rad, 600 rad dan 1000 rad sinar X.

$$JK_{\text{Total}} = \sum X_T^2 - \frac{(\sum X_T)^2}{t \cdot n} = 9723,92 - \frac{(215)^2}{9}$$

$$= 9723,92 - 5136,11 = 4587,81$$

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

$$= \frac{(165,0)^2 + (42,20)^2 + (7,80)^2}{3} - 5136,11$$

$$= 9709,17 - 5136,11 = 4573,06$$

$$JK_{\text{Sisa}} = 4587,81 - 4573,06 = 14,75$$

$$db_{\text{Perlakuan}} = 3 - 1 = 2 \quad ; \quad db_{\text{Sisa}} = 3(3 - 1) = 6$$

$$KT_{\text{Perlakuan}} = 5136,11 : 2 = 2568,055$$

$$KT_{\text{Sisa}} = 14,75 : 6 = 2,458$$

$$F_{\text{Hitung}} = 2568,055 - 6 = 1044,774$$

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	2	4573,06	2568,055	1044,774	5,14	10,92
Sisa	6	14,75	2,458			
Total	8	4587,81				

Hipotesa : H_0 : Perl I = Perl II = Perl III

H_a : Perl I \neq Perl II \neq Perl III

Oleh karena $F_{\text{Hitung}} (1044,774) > F_{\text{Tabel}} 0,01 (10,92)$

maka H_0 ditolak sedang H_a diterima. Berarti ada perbedaan yang sangat nyata dari jumlah sel spermatozoid I dan II -

Lanjutan LAMPIRAN IV.

pada tubulus seminiferus, sekurang-kurangnya pada satu pasang perlakuan. 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 $db_{\text{Sisa}} = 6$ dan $t = 3$, maka didapat harga $Q \ 5\%$ dalam tabel = 4,34 dan harga $Q \ 1\% = 6,33$

$$\text{BNJ } 5\% = 4,34 \times \sqrt{\frac{2,458}{3}} = 3,928$$

$$\text{BNJ } 1\% = 6,33 \times \sqrt{\frac{2,458}{3}} = 5,729$$

Rata-rata jumlah sel spermatoosit I dan II	\bar{X}_I	\bar{X}_{II}	\bar{X}_{III}
	55,00	14,07	2,60
\bar{X}_I	55,00	0	40,93**
\bar{X}_{II}	14,07	0	11,47**
\bar{X}_{III}	2,60		0
	BNJ 5% = 3,928		BNJ 1% = 5,729

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

LAMPIRAN V. Hasil perhitungan sel spermatid pada tubulus seminiferus dari testis kelinci kelompok kontrol (0 rad) sampai kelompok 1000 rad sinar X.

No. kelinci		Jumlah sel spermatid pada tub. seminiferus					
		1	2	3	4	5	Rata-rata
Kontrol	1.	33,50	33,75	31,25	31,75	31,75	32,40
	2.	35,25	34,25	34,75	33,00	32,75	34,00
	3.	32,75	35,00	35,25	35,75	33,25	34,40
600 rad	1.	3,25	2,75	3,50	4,75	2,75	3,40
	2.	1,25	2,50	2,00	2,75	1,50	2,00
	3.	2,00	1,75	2,25	1,75	2,25	2,00
1000 rad	1.	1,25	0,75	0,75	0,50	1,75	1,00
	2.	1,00	0,00	1,25	2,00	0,75	1,00
	3.	0,00	1,75	0,75	1,75	1,75	1,20

LAMPIRAN VI. Evaluasi statistik jumlah sel spermatid pada tubulus seminiferus dari kelinci yang memperoleh 0 rad, 600 rad dan 1000 rad sinar X.

$$JK_{\text{Total}} = \sum X_T^2 - \frac{(\sum X_T)^2}{t.n} = 3412 - \frac{(111,4)^2}{9}$$

$$= 3412 - 1378,88 = 2033,24$$

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

$$= 3408,547 - 1378,88 = 2029,667$$

$$JK_{\text{Sisa}} = 2033,24 - 2029,667 = 3,573$$

$$db_{\text{Perlakuan}} = 3 - 1 = 2 \quad ; \quad db_{\text{Sisa}} = 3(3 - 1) = 6$$

$$KT_{\text{Perlakuan}} = 2029,667 : 2 = 1014,833$$

$$KT_{\text{Sisa}} = 3,573 : 6 = 0,595$$

$$F_{\text{Hitung}} = 1014,833 : 0,595 = 1705,60$$

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	2	2029,667	1014,833	1705,60	5,14	10,92
Sisa	6	3,573	0,595			
Total	8	2033,24				

Hipotesa : H_0 : Perl I = Perl II = Perl III

H_a : Perl I \neq Perl II \neq Perl III

Oleh karena $F_{\text{Hitung}} (1705,60) > F_{\text{Tabel}} 0,01 (10,92)$

maka H_0 ditolak sedang H_a diterima. Ini berarti ada perbedaan yang sangat nyata dari jumlah sel spermatid pada tubulus seminiferus, sekurang-kurangnya pada satu pasang -

Lanjutan LAMPIRAN VI.

perlakuan. Untuk menentukan perlakuan mana yang berbeda sangat nyata tersebut, maka 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 $db_{\text{Sisa}} = 6$ dan $t = 3$, maka didapatkan harga $Q \ 5\%$ dalam tabel = 4,34 dan $Q \ 1\% = 6,33$ sehingga :

$$\text{BNJ } 5\% = 4,34 \times \sqrt{\frac{0,595}{3}} = 1,9313$$

$$\text{BNJ } 1\% = 6,33 \times \sqrt{\frac{0,595}{3}} = 2,817$$

Rata-rata jumlah sel spermatid	\bar{X}_I 33,60	\bar{X}_{II} 2,47	\bar{X}_{III} 1,07
\bar{X}_I 33,60	0	31,13**	32,53**
\bar{X}_{II} 2,47		0	1,40
\bar{X}_{III}			0
	BNJ 5% = 1,9313		BNJ 1% = 2,817

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

"tanpa tanda " Berarti tidak ada perbedaan antara satu pasang perlakuan tersebut.

LAMPIRAN VII. Hasil perhitungan sel spermatozoa pada tubulus seminiferus dari testis kelinci kelompok kontrol (0 rad) sampai kelompok 1000 rad sinar X.

No. kelinci		Jumlah sel spermatozoa pada tub. seminiferus					
		1	2	3	4	5	Rata-rata
Kontrol	1.	14,50	15,75	20,50	23,50	21,75	19,20
	2.	16,25	17,00	18,00	19,25	19,50	18,00
	3.	14,75	13,25	19,00	19,25	22,75	17,80
600 rad	1.	0	0	0	0	0	0
	2.	0	0	0	0	0	0
	3.	0	0	0	0	0	0
1000 rad	1.	0	0	0	0	0	0
	2.	0	0	0	0	0	0
	3.	0	0	0	0	0	0

LAMPIRAN VIII. Hasil pengukuran diameter tubulus seminiferus dari testis kelinci kelompok kontrol (0 rad) sampai ke-
 kelompok 1000 rad sinar X.

No. kelinci		Diameter tubulus seminiferus					Rata-rata
		1	2	3	4	5	
Kontrol	1.	275,00	250,25	262,50	262,75	287,00	267,50
	2.	295,00	212,50	225,00	187,50	206,25	211,25
	3.	254,00	250,50	252,50	230,50	250,00	247,50
600 rad	1.	175,00	175,00	250,00	150,00	125,00	175,00
	2.	150,00	137,50	162,50	137,50	150,00	147,50
	3.	160,50	144,50	172,50	147,50	162,50	157,50
1000 rad	1.	137,50	125,00	150,00	175,00	150,00	147,50
	2.	125,00	131,25	137,50	112,50	137,50	128,75
	3.	127,25	133,75	139,50	114,50	137,50	130,50

LAMPIRAN IX. Evaluasi statistik diameter tubulus seminiferus dari testis kelinci yang memperoleh 0 rad, 600 rad dan 1000 rad sinar X.

$$JK_{\text{Total}} = \sum X_T^2 - \frac{(\sum X_T)^2}{t.n} = 309989,62 - \frac{(1613)^2}{9}$$

$$= 309989,62 - 289085,44 = 20904,18$$

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

$$= \frac{(726,25)^2 + (480)^2 + (406,75)^2}{3} - 289085,44$$

$$= 307761,54 - 289085,44 = 18676,10$$

$$JK_{\text{Sisa}} = 20904,18 - 18676,10 = 2228,08$$

$$db_{\text{Perlakuan}} = 3 - 1 = 2 \quad ; \quad db_{\text{Sisa}} = 3 (3 - 1) = 6$$

$$KT_{\text{Perlakuan}} = 18676,10 : 2 = 9338,05$$

$$KT_{\text{Sisa}} = 2228,08 : 6 = 371,347$$

$$F_{\text{Hitung}} = 9338,05 : 371,347 = 25,146$$

DAFTAR SIDIK RAGAM (ANALISA VARIAN)

Sumber keragaman	Derajat bebas (db)	Jumlah Kwadrat (JK)	Kwadrat Tengah (K ^{tt})	F _{Hit}	F _{tabel}	
					0,05	0,01
Perlakuan	2	18676,10	9338,05	25,146	5,14	10,92
Sisa	6	2228,08	371,347			
Total	8	20904,18				

Hipotesa : H_0 : Perl I = Perl II = Perl III

H_a : Perl I \neq Perl II \neq Perl III

Oleh karena $F_{\text{Hitung}} (25,146) > F_{\text{Tabel}} (0,01) (10,92)$

maka H_0 ditolak sedang H_a diterima. Berarti ada perbedaan -

Lanjutan LAMPIRAN IX.

yang sangat nyata dari diameter tubulus seminiferus, se-
kurang- kurangnya pada satu pasang perlakuan. Untuk menen-
tukan 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 $db_{\text{Sisa}} = 6$ dan $t = 3$, maka didapatkan
harga $Q \ 5\%$ dalam tabel = 4,34 dan $Q \ 1\% = 6,33$

$$\text{BNJ } 5\% = 4,34 \times \sqrt{\frac{371,347}{3}} = 48,287$$

$$\text{BNJ } 1\% = 6,33 \times \sqrt{\frac{371,347}{3}} = 70,427$$

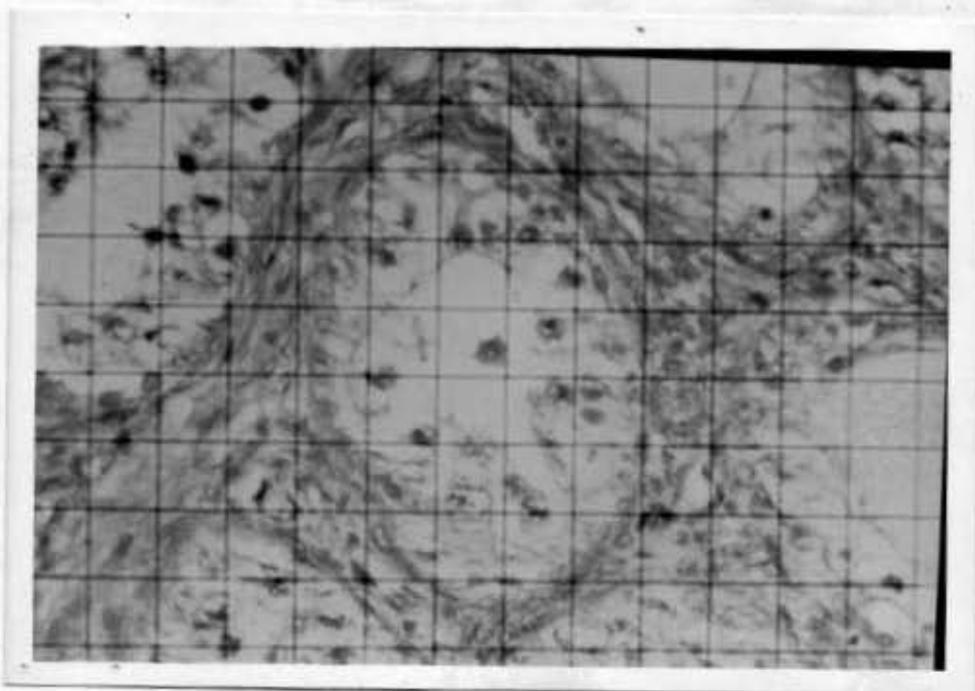
Rata-rata diameter tubulus seminiferus	\bar{X}_I 242,08	\bar{X}_{II} 160,00	\bar{X}_{III} 135,58
\bar{X}_I	242,08	0	82,08** 106,50**
\bar{X}_{II}	160,00	0	24,50
\bar{X}_{III}	135,58		0
		BNJ 5% = 48,287	BNJ 1% = 70,427

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

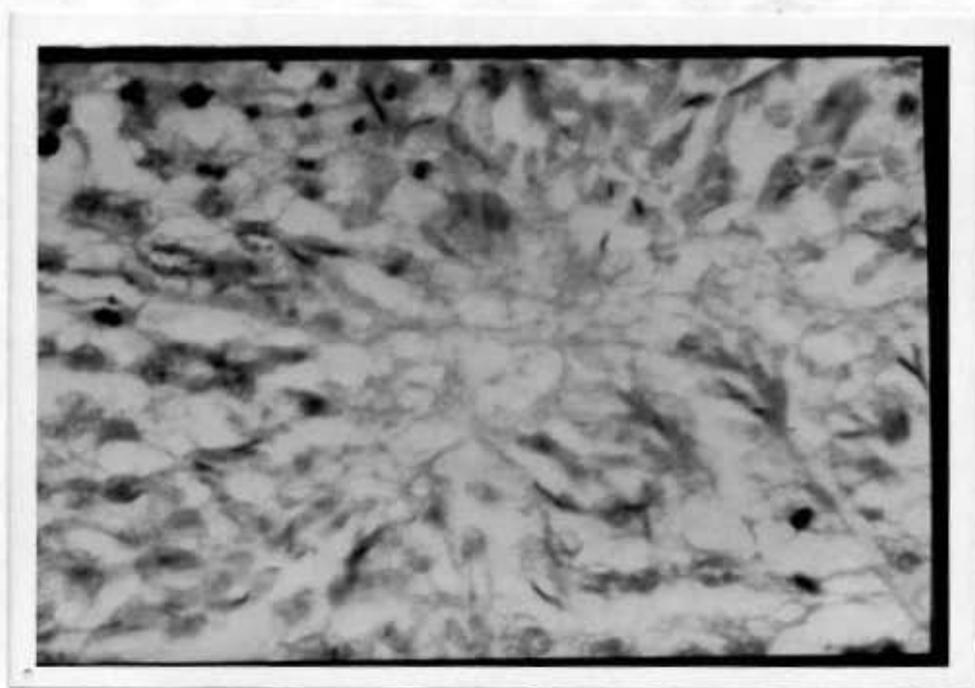
LAMPIRAN X.

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

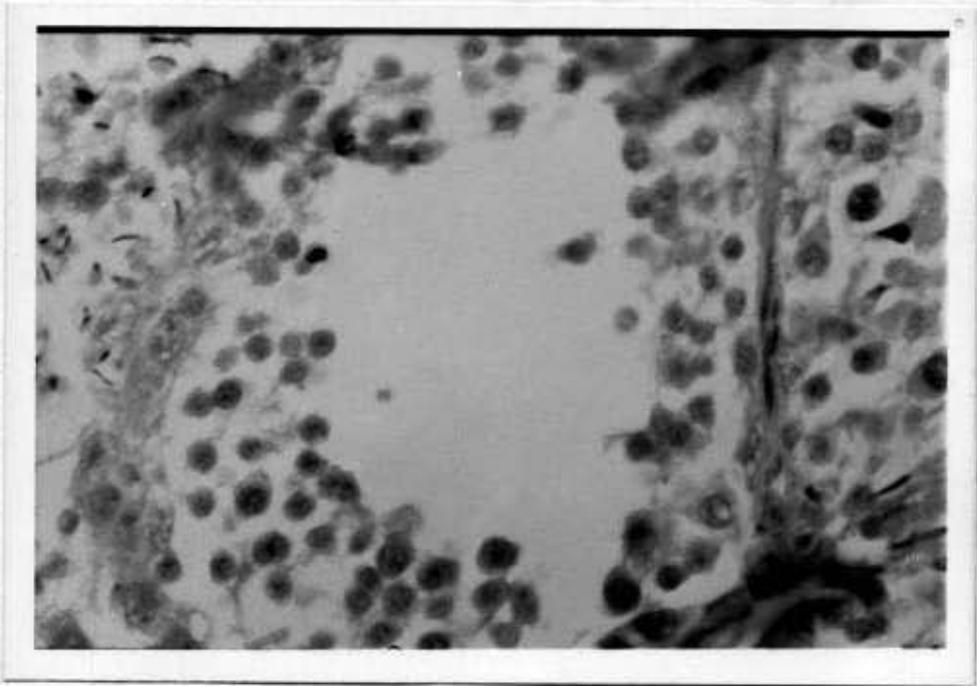
Areal (Field size) cm^2		5X5	4X4	6X6	8X8	10X10	12X12	15X15	20X20
BSF		0,95	0,96	0,98	0,99	1,000	1,003	1,016	1,030
Dalamnya target (Depth in Cm)	1,5	100	100	100	100	100	100	100	100
	2,0	98,5	98,5	93,5	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0
	3,0	93,5	91,0	94,0	94,5	94,5	95,0	95,0	95,5
	4,0	88,5	89,0	90,0	90,5	91,0	94,0	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



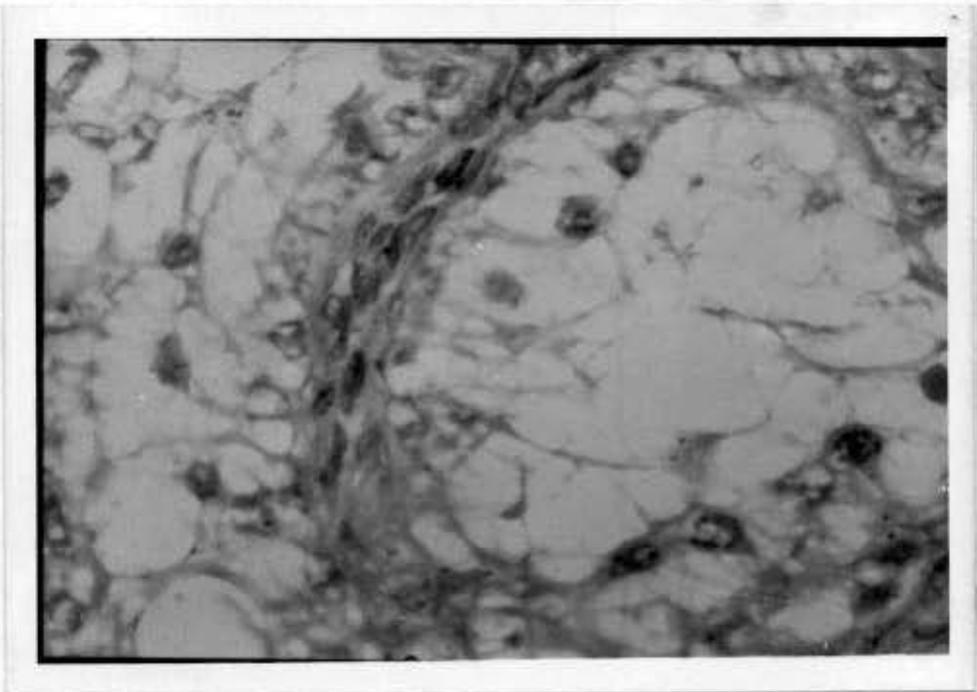
Gambar 6. Irisan melintang testis kelinci kelompok K₃
(1000 rad) dengan pewarnaan H.E. (200 X)



Gambar 7. Irisan melintang testis kelinci kelompok kontrol
dengan pewarnaan H.E. (400 X)



Gambar 8. Irisan melintang testis kelinci kelompok K_2
(600 rad) dengan pewarnaan H.E. (400 X).



Gambar 9. Irisan melintang testis kelinci kelompok K_3
(1000 rad) dengan pewarnaan H.E. (400 X).