

BAB V

P E M B A H A S A N

1. Efek Sinar-X terhadap Jumlah Anak Mencit (F1) yang Dilahirkan dari Perkawinan Satu Hari Pascairadiasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pada kelompok mencit berdasarkan jenis kelamin yang mendapat iradiasi seluruh tubuh mencit parental (A), nilai F_{hitung} yang diperoleh adalah sebesar 34,803763 yang jika dibandingkan dengan F_{tabel} dengan $\alpha=5\%$, $dk_{(3,48)} = 2,8$ dan $\alpha=1\%$, $dk_{(3,48)} = 4,22$ bersifat sangat nyata berpengaruh (sangat signifikan), sedangkan untuk perlakuan pada kelompok berdasarkan besarnya dosis iradiasi yang diberikan pada seluruh tubuh mencit parental (B), nilai F_{hitung} yang diperoleh adalah sebesar 6,5887096 yang jika dibandingkan F_{tabel} dengan $\alpha=5\%$, $dk_{(2,48)} = 3,19$ dan $\alpha=1\%$, $dk_{(2,48)} = 5,08$ bersifat nyata berpengaruh (signifikan).

Dengan demikian, penelitian ini memberikan hasil bahwa pengelompokan mencit parental berdasarkan jenis kelamin yang mendapat iradiasi seluruh tubuh memberikan efek yang sangat nyata berpengaruh (sangat signifikan), artinya sangat nyata memberikan pengaruh terhadap jumlah anak mencit (F1) yang dilahirkan. Akan tetapi, berdasarkan besarnya dosis iradiasi yang diberikan pada seluruh tubuh, memberikan efek yang nyata berpengaruh

(signifikan), artinya nyata memberikan pengaruh terhadap jumlah anak mencit (F1) yang dilahirkan.

Green (1966) mengemukakan bahwa testis terletak di dalam rongga tubuh bagian posterior, yaitu dalam kantung scrotal dan ovarium yang terletak pada kutub posterolateral dari ginjal. Testis diikat oleh mesovarium pada dinding bagian dorsal tubuh dan ditutup oleh suatu kapsul elastik tipis yang transparan.

Gibilisco (1985) mengemukakan bahwa koefisien perlemahan dinyatakan sebagai kecepatan di mana terjadi perlemahan per gram sentimeter persegi dari daerah permukaan bahan dan harga koefisien perlemahan umumnya berkurang dengan bertambahnya energi foton dan bertambah dengan bertambahnya nomor atom bahan.

Sejumlah radiasi diteruskan oleh sesuatu bahan dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$I_x = I_0 e^{-\mu x},$$

di mana : I_0 = Intensitas radiasi yang jatuh pada bahan

I_x = Intensitas radiasi yang diteruskan

e = Bilangan pokok logaritma

μ = Koefisien perlemahan untuk bahan dan energi foton

x = Ketebalan dari bahan

Jadi, sesuai dengan teori yang dikemukakan di atas, maka perlakuan pada kelompok yang berdasarkan jenis kelamin yang mendapat iradiasi seluruh tubuh bersifat sangat nyata dan berpengaruh, memberikan efek terhadap rata-

rata jumlah anak mencit (F1) yang dilahirkan. Hal ini terbukti dari rata-rata jumlah anak mencit (F1) yang dilahirkan dari kelompok mencit parental betina yang diiradiasi sebesar 7,467 ekor, lebih besar dibandingkan dengan rata-rata jumlah anak mencit (F1) yang dilahirkan dari kelompok mencit parental jantan yang diiradiasi adalah sebesar 6,933 ekor.

Demikian pula, sesuai dengan teori yang dikemukakan di atas, maka perlakuan pada kelompok berdasarkan besarnya dosis iradiasi yang diberikan pada seluruh tubuh mencit parental, baik betina maupun jantan bersifat nyata berpengaruh. Hal ini berarti dapat memberikan pengaruh terhadap jumlah anak mencit (F1) yang dilahirkan, yaitu dengan dibuktikan bahwa rata-rata jumlah anak mencit (F1) yang dilahirkan dengan dosis sebesar 1 x 200 rad, lebih besar daripada dosis sebesar 2 x 200 rad dan dosis sebesar 3 x 200 rad.

Penelitian ini membuktikan apa yang telah dikemukakan oleh Thompson dan Ashworth (1970), De Lyre dan Johnson (1985), yang mengatakan bahwa sinar-X dapat menimbulkan efek biologi. Efek biologi yang dihasilkan pada saat sel mengabsorpsi radiasi yang menembus dan mengakibatkan ionisasi sehingga menimbulkan perubahan-perubahan yang menyebabkan sel kehilangan daya pembelahan atau menghasilkan sel yang abnormal setelah pembelahan. Bila energi radiasi yang diabsorpsi cukup kuat, maka besar kemungkinan sel menjadi rusak, Bahrens (1959) mengemukakan bahwa

ovarium kurang radiosensitif daripada testis, hal ini juga memperkuat hasil penelitian bahwa pengelompokan berdasarkan jenis kelamin, kelompok yang diirradiasi seluruh tubuh, memberikan perbedaan rata-rata jumlah anak mencit (F1) yang dilahirkan.

William (1981) mengemukakan bahwa iradiasi sinar X dapat menyebabkan kerusakan sel germinal, yaitu pada tegangan sebesar 250 Kv, maka spermatogenesis dirusak sementara oleh dosis serendah 15 R.

Casarett (1968) mengemukakan bahwa kelenjar tiroid, paratiroid, pituitari, adrenal, dan bagian endokrin dari organ reproduksi semuanya agak radioresisten. Menurut Green (1966) sistem reproduksi pada mencit dewasa betina terdiri dari suatu rangkaian yang dihubungkan dan tergantung pada beberapa peristiwa hormonal dan saraf yang berfungsi untuk pembentukan anggota baru dari spesies. Casarett (1968) juga mengemukakan bahwa sistem saraf pada binatang dewasa adalah radioresisten, Penyinaran dengan dosis rendah sampai sedang jarang dilaporkan untuk menghasilkan beberapa perubahan morfologi jaringan saraf. Setelah penyinaran dengan dosis sekitar 1000 R, terjadi perubahan-perubahan morfologi pada lobus anterior dari kelenjar pituitari, hal ini biasanya tidak tampak untuk beberapa bulan. Degranulasi dan hilangnya asidofil terjadi pertama kali dan basofil rupanya kurang dirusak. Penyinaran dengan dosis tinggi pada pituitari akan mengakibatkan

perubahan degenerasi organ endokrin lainnya seperti testis dan tiroid.

Dari teori yang dikemukakan di atas, maka penelitian ini telah membuktikan bahwa irradiasi sinar-X pada mencit parental memberikan efek yang nyata pada sistem reproduksinya.

Kuzin (1964) mengemukakan bahwa sedikit pengurangan dalam aktivitas suatu enzim mengakibatkan gangguan keselarasan proses biokimia yang mengambil tempat dalam organisme hidup. Dari data terakhir, stabilitas enzim tergantung pada pH, temperatur dari medium dan konsentrasi enzim.

Hafez (1976) mengemukakan bahwa motilitas spermatozoa, selain berasal dari dalam tubuhnya, juga dipengaruhi oleh lingkungan ion-ion biofisik cairan epididimis, plasma semen, getah serviks endometrium dan oviduk. Jadi, jelas bahwa bila spermatozoa lebih radioresisten, maka pengurangan rata-rata jumlah anak mencit (F1) yang dilahirkan dari mencit parental jantan yang mendapat irradiasi seluruh tubuh adalah salah satu faktornya dari gangguan motilitas spermatozoa oleh pengaruh lingkungannya maupun dari dalam tubuhnya sendiri yang mengandung lipid dan berisi enzim-enzim akibat irradiasi sinar-X menjadi inaktif. Penetrasi spermatozoa di dalam getah serviks bergantung kepada enzim-enzim proteolitik, konsentrasi prostaglandin, substansi-substansi plasma semen, dan sifat biofisik, biokimia, pH, derajat seluleritas dan imunoglobulin-imunoglobulin getah serviks.

Boue dkk., (1985) berdasarkan laporan Hook (1981) yang memeriksa kembali data penelitian yang telah dilakukan oleh Hook dkk. (1977), Sutherland dkk. (1978), Harlap dkk. (1980), Waburton dkk. (1980), menyatakan bahwa kelainan khromosom memberikan sumbangan untuk terjadinya keguguran kehamilan secara spontan dan kelahiran mati.

UNCEAR (1982) melaporkan hasil penelitian Kirk dan Lyon (1982) serta Nomura (1978) tentang induksi kelainan khromosom pada keturunan mencit yang diiradiasi Kirk dan Lyon (1984) menyatakan bahwa frekuensi kelainan kongenital pada rangkaian iradiasi mencit jantan dengan dosis sebesar 1,08, 2,16, 3,60 dan 5,05 Gy yang dikawinkan dengan mencit betina yang tidak diirradiasi pada berbagai interval waktu (1-7, 8-14, 15-21, dan 64-80 hari setelah iradiasi telah memperlihatkan frekuensi kelainan kongenital yang lebih tinggi daripada kontrol.

West dkk. (1985) menyatakan bahwa iradiasi sinar-X dengan dosis sebesar 3,6 Gy sebelum konsepsi, uterus tidak mempunyai efek yang signifikan pada frekuensi terjadinya kematian pascairadiasi dan rata-rata berat fetal. Juga West (1985) memperlihatkan bahwa iradiasi uterus dengan dosis sinar-X sebesar 3,7 Gy, 15-21 hari sebelum konsepsi tidak terdapat efek yang signifikan pada kematian postimplantasi atau kelainan kongenital.

Motilitas spermatozoa yang baik amat penting artinya untuk fertilisasi. Motilitas spermatozoa dipengaruhi oleh bermacam-macam faktor endogen dan eksogen. Salah satu faktor eksogen adalah perubahan konsentrasi ion

hidrogen (Hartanto dkk., 1978).

Perubahan konsentrasi ion hidrogen adalah akibat interaksi poton sinar-X yang mengionisasi molekul air dan protein sehingga mengakibatkan derajat keasaman sel meningkat (Edwards, dkk., 1984)

Jadi, perubahan konsentrasi ion hidrogen mengakibatkan perubahan pH, yang selanjutnya mengakibatkan perubahan motilitas dan kecepatan gerak spermatozoa. Pada keadaan yang terlalu asam ($\text{pH} = 5$) motilitas dan kecepatan gerak spermatozoa rendah, bahkan spermatozoa berhenti bergerak dan motilitas serta kecepatan spermatozoa meningkat sejalan dengan kenaikan pH netral yang kemudian akan menurun lagi sesuai dengan makin alkalinya keadaan lingkungan (Sulaeman, 1990).

Crossland (dalam Senning, 1957) mengatakan radiasi menghambat mitosis dari sel karena adanya gangguan dan perubahan khromosom dari sel, sehingga dapat menimbulkan degenerasi sel yang terbagi atas degenerasi granuler, vakuolisasi, hiperkromatosis, dan kromatolisin. Mula-mula pada nukleus tampak bintik granuler yang halus, kemudian bintik granuler ini berkumpul pada suatu tempat sehingga terlihat ruangan-ruangan kosong atau vakuolisasi. Bintik granuler ini, kemudian menjadi gumpalan besar yang menyerap banyak zat warna pada pengecatan histologis dan radiasi dapat menimbulkan diferensiasi sel, yaitu terjadi perubahan sehingga terjadi mutasi dari sel (Senning, 1957).

2. Efek Sinar-X terhadap Berat Badan Mencit Parental Jantan dan Betina

Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa pada penyinaran mencit parental jantan dan mencit parental betina dengan dosis iradiasi sebesar 1 x 200 rad, 2 x 200 rad, dan 3 x 200 rad pada seluruh tubuh terjadi penurunan berat badan. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Paterson (1960), bahwa seperti dalam penelitian efek radiasi terhadap sel, radiosentitivitas suatu organisme atau jaringan diduga terjadi kerusakan yang diamati sebagai akibat penyinaran suatu dosis radiasi. Behrens (1959) mengemukakan bahwa kekurangan vitamin dan protein pada makanan biasanya kelihatan menambah timbulnya penyakit setelah terapi sinar-X, terutama sekali di atas abdomen. Patterson (1960) mengemukakan bahwa suatu dilatasi terjadi pada kapiler yang secara normal jelas dan yang lainnya terbuka. Jumlah kapiler yang terbuka adalah bertambah secara berarti enam jam setelah penyinaran suatu dosis yang besarnya 300 R, yang menyebabkan hiperemia dan menimbulkan eritema yang menyusul kemudian. Hal ini tidak menjawab pertanyaan apakah dilatasi itu efek langsung pada sel endotel atau apakah dihasilkan secara tidak langsung melalui pembebasan suatu bahan, seperti histamin dari sel-sel yang rusak. Beberapa tingkat dilatasi dan distorsi dari kapiler berlangsung dalam waktu berbulan-

bulan atau terjadi secara permanen. Akibat lebih lanjut dari kerusakan endotelial adalah pembentukan platelet trombin, dan biasa dilihat setelah satu atau dua minggu.

Kerusakan yang sama pada sel endotelial adalah terlihat pada arteri dan vena kecil di mana tidak memperlihatkan dilatasi. Efek ini mengakibatkan pembentukan trombus, penebalan endotelium yang menyebabkan penyempitan dan terakhir kemacetan lintasan pembuluh. Pada vena ini dikatakan untuk menjelaskan dilatasi terlambat dengan "telangiektasia" dari kapiler. Pada arteri akan dihasilkan kematian jaringan pada dosis yang tinggi, kecuali revaskularisasi dari pembuluh yang tidak rusak di sekitar tempat yang diambil.

Sel epitel traktus intestinal sangat sensitif yang mana memperlihatkan perubahan tetap dengan dosis radiasi sebesar 50 R pada mencit seluruh tubuh.

Sesuai dengan teori yang dikemukakan tersebut di atas, maka jelas bahwa Ganong (1981) mengatakan bahwa sistem gastrointestinal adalah sistem portal melalui mana zat-zat nutritif, vitamin, mineral dan cairan yang masuk ke dalam tubuh jelas akan mengalami gangguan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa iradiasi seluruh tubuh pada mencit parental jantan dengan dosis

sebesar 1 x 200 rad, 2 x 200 rad, dan 3 x 200 rad, berat badannya mengalami penurunan kemudian terjadi kenaikan kembali. Demikian pula halnya terjadi pada iradiasi mencit parental betina dengan dosis sebesar 1 x 200 rad, 2 x 200 rad dan 3 x 200 rad.

Reaksi penurunan berat badan pada mencit parental jantan, lebih cepat dibandingkan dengan reaksi penurunan berat badan pada mencit parental betina.

Dosis iradiasi seluruh tubuh sebesar 1 x 200 rad pada mencit parental jantan mengakibatkan penurunan berat badan pada hari kedua, sedangkan pada mencit parental betina pada hari keempat. Dosis iradiasi sebesar 2 x 200 rad pada mencit parental jantan mengakibatkan penurunan berat badan pada hari keempat, pada mencit parental betina pada hari keenam. Dosis iradiasi sebesar 3 x 200 rad pada mencit parental jantan mengakibatkan penurunan berat badan pada hari keenam, pada mencit parental betina pada hari kesepuluh.

Pada mencit parental jantan yang mendapat iradiasi dengan dosis sebesar 1 x 200 rad terjadi kenaikan berat badan di atas berat badan normal pada hari ketiga, sedangkan dosis iradiasi sebesar 2 x 200 rad terjadi kenaikan berat badan pada hari kelima dan dosis iradiasi sebesar 3 x 200 rad terjadi kenaikan berat badan pada hari ketujuh. Akan tetapi, pada mencit parental betina yang mendapat iradiasi dosis sebesar 1 x 200 rad, terjadi

kenaikan berat badan pada hari keenam, dosis iradisi se besar 2 x 200 rad dan dosis sebesar 3 x 200 rad relatif tidak terjadi kenaikan berat badan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mencit parental jantan lebih cepat memberikan reaksi penurunan berat badan daripada mencit parental betina. Demikian pula, mencit parental jantan lebih cepat terjadi kesembuhan daripada mencit parental betina, bahkan dosis irradisi 1 x 200 rad dan 3 x 200 rad relatif tidak menunjukkan proses kesembuhan.

3. Efek Sinar-X terhadap Jumlah Anak Mencit Jantan (F1) yang Dilahirkan dari Perkawinan Satu Hari Pasca-irradiasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pada kelompok mencit berdasarkan jenis kelamin (A), nilai F_{hitung} yang diperoleh sebesar 17,914965 yang jika dibandingkan dengan F_{tabel} dengan $\alpha = 5\%$, $dk_{(3,48)} = 2,48$ dan $\alpha = 1\%$, $dk_{(3,48)} = 4,22$ bersifat sangat nyata berpengaruh (sangat signifikan). Akan tetapi, untuk perlakuan berdasarkan besarnya dosis irradiasi yang diberikan pada seluruh tubuh mencit parental (B) diperoleh F_{hitung} sebesar 1,2653061 yang jika dibandingkan dengan F_{tabel} dengan $\alpha = 5\%$, $dk_{(2,48)} = 3,19$ dan $\alpha = 1\%$, $dk_{(2,48)} = 5,08$ bersifat tidak nyata berpengaruh (tidak signifikan).

Dengan demikian, penelitian ini memberikan hasil

bahwa pengelompokkan mencit parental berdasarkan jenis kelamin memberikan efek yang sangat nyata berpengaruh (signifikan), artinya sangat nyata memberikan pengaruh terhadap jumlah anak mencit jantan (F1) yang dilahirkan dari perkawinan satu hari pascairadiasi, sedangkan besarnya dosis iradiasi yang diberikan pada seluruh tubuh tidak nyata memberikan pengaruh.

Ovarium relatif lebih terlindung daripada testis (Gibilisco, 1985), beberapa energi radiasi tetap di dalam bahan dan beberapa foton radiasi arah perjalanannya diubah. Proses pertama disebut absorpsi dan proses kedua disebut "scatter". Energi atau foton yang diabsorpsi mempunyai suatu efek pada absorber. Energi atau foton yang disebarkan tidak mempunyai efek pada bahan yang menyebarkan, tetapi mengurangi jumlah energi atau jumlah foton pada sinar-sinar radiasi.

Sesuai dengan teori yang dikemukakan oleh Gibilisco (1985), maka testis mendapat intensitas radiasi lebih besar daripada ovarium yang letaknya di dalam rongga perut yang setiap melewati ketebalan akan mendapat perlemahan sehingga jelaslah bahwa efek biologi yang terjadi pada testis, lebih besar daripada yang terjadi pada ovarium.

4. Efek Sinar-X terhadap Setiap Tingkatan dalam Siklus Epitel Tubulus Seminiferous Mencit Parental Jantan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa satu hari pasca iradiasi seluruh tubuh dengan dosis penyinaran sebesar 1×200 rad terhadap setiap tingkatan dalam siklus epitel tubulus seminiferous mencit parental jantan, tidak berbeda dengan setiap tingkatan dalam siklus epitel tubulus seminiferous mencit parental kontrol.

Demikian pula, satu hari pascairadiasi seluruh tubuh dengan dosis penyinaran sebesar 2×200 rad dan 3×200 rad relatif tidak berbeda dengan setiap tingkatan dalam siklus epitel tubulus seminiferous mencit parental kontrol.

Hal ini sesuai dengan pendapat Casarett (1968) yang mengemukakan bahwa satu hari setelah diiradiasi, testis masih kelihatan normal, tetapi ditandai dengan penurunan aktivitas sel spermatogonia. Satu minggu setelah iradiasi, hampir tidak ada spermatogonia dan hanya beberapa spermatisit pertama karena melebihi tingkat spermatogonia pada waktu iradiasi dan terus menjadi dewasa. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa sepuluh hari pascairadiasi seluruh tubuh dengan dosis penyinaran 1×200 rad terlibat pengurangan jumlah tingkat III, IV, V, dan VI. Demikian pula, terlihat pengurangan jumlah tingkat X, XI, dan XII. (Tabel 4).

Hasil penelitian sepuluh hari pascairadiasi dengan

dosis 2 x 200 rad dan 3 x 200 rad, juga memperlihatkan pengurangan jumlah tingkatan III, IV, V, dan VI serta tingkatan X, XI, dan XII.

Hasil penelitian dua puluh hari pascairadiasi dengan dosis penyinaran seluruh tubuh sebesar 1 x 200 rad, 2 x 200 rad, dan 3 x 200 rad memperlihatkan pengurangan jumlah tingkatan I, II, III, IV, V, dan VI, tetapi sebaliknya, terjadi kenaikan jumlah tingkatan X, XI, dan XII,

Hal ini sesuai dengan pendapat Casarett (1968), bahwa tiga minggu setelah penyinaran terdapat sperma, spermatid, dan beberapa spermatogonia A. William (1981) mengemukakan bahwa perubahan histologi terjadi dengan cepat setelah iradiasi dan dalam waktu 27 hari setelah penyinaran dengan dosis radiasi sebesar 100 rad terjadi pengurangan dari seluruh bentuk sel spermatogenik, kecuali spermatid dewasa sangat mencolok jumlahnya.

Paterson (1960) mengemukakan bahwa pada mencit jantan setelah radiasi seluruh tubuh sampai tingkat subletal, terjadi suatu sterilitas sementara dan sterilitas sebagian dengan dosis sekecil 50 rad. Spermatisit primer menghilang dalam waktu sepuluh hari, tetapi terbukti terjadi kesembuhan enam minggu kemudian.

Green (1966) mengemukakan bahwa pada mencit terdapat tiga macam spermatogonia yang dapat dikenal, yaitu spermatogonia jenis A, intermediate, dan jenis B (Oakberg, 1956a). Spermatogonia jenis A membagi empat kali,

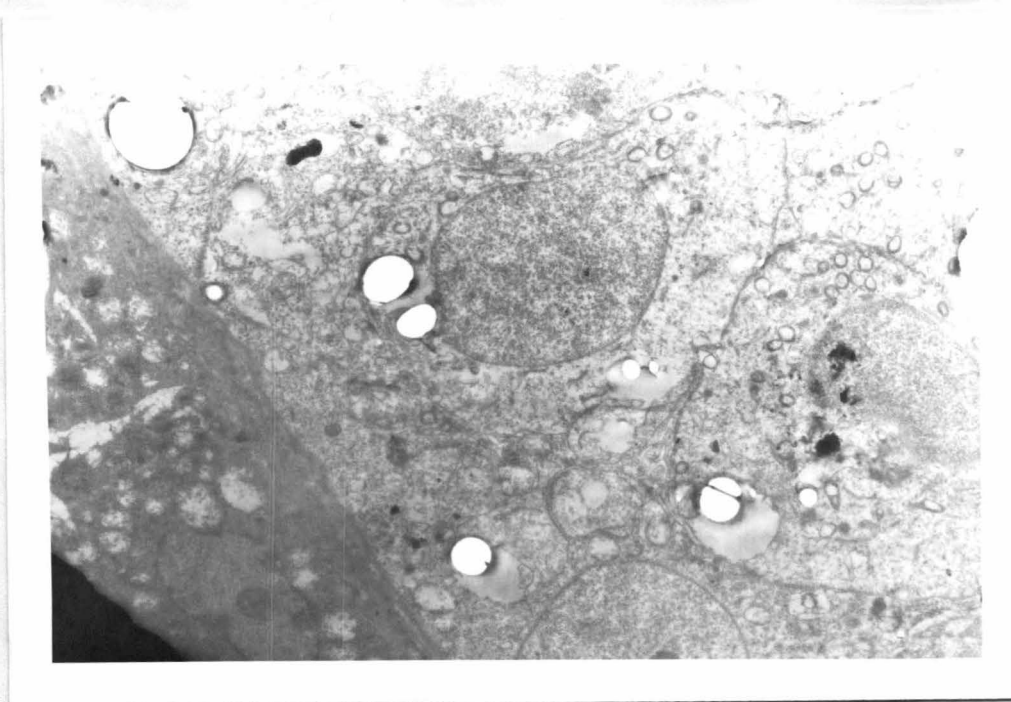
biasanya diubah dalam proses ke dalam spermatogonia jenis intermediate. Beberapa sel yang dihasilkan tetap sebagai jenis A, memasuki suatu periode tidur (Dormant) kira-kira 207 jam, kemudian bertindak sebagai sel pokok (stem cell) untuk suatu siklus multiplikasi yang baru (Oakberg, 1956a; Monesi, 1962). Jenis intermediate dibagi oleh mitosis lagi dan keturunannya diubah ke dalam spermatogonia B. Sel jenis B menjalani mitosis dan berubah ke dalam bentuk spermatosit dalam tingkat preleptotene dari profase meiosis. Sel-sel ini berkembang pada tingkat Diploten kira-kira 12,5 hari berikutnya, kemudian dengan cepat hilang melalui pembelahan meiotik. Lama proses secara lengkap untuk perkembangan spermatogonia jenis A ke dalam spermatozoa kira-kira memerlukan waktu 34,5 hari (Oakberg, 1956b).

Tidak seluruhnya sel bertahan dalam spermatogenesis. Beberapa sel spermatogonia, terutama jenis A rusak dalam proses mitosis, kemudian degenerasi, suatu kehilangan kedua dengan sel-sel kira-kira 13 %, terjadi di dalam periode dari spermatosit primer awal sampai dengan spermatid. Degenerasi telah diamati pada pembelahan meiosis pertama dan kedua (Oakberg, 1956a).

Pada pembesaran 2000 kali, iradiasi dengan dosis sebesar 1×200 rad mengakibatkan terjadinya kerusakan sel-sel spermatogonia dengan ditandai hancurnya membran sel dan pada inti tampak piknosis. Organela sel, seperti

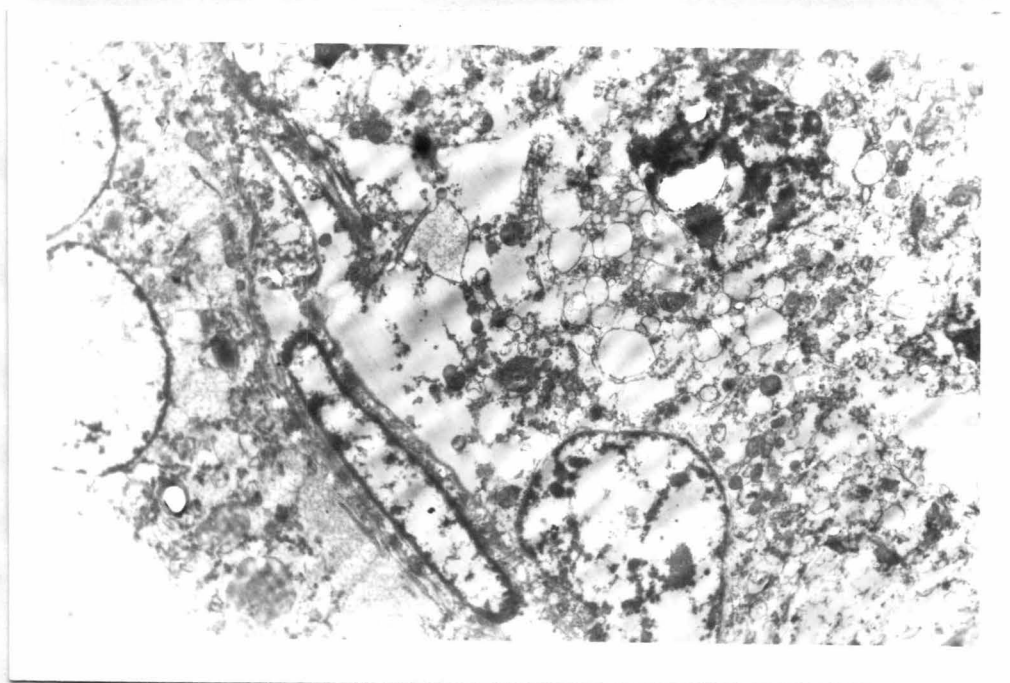
mitokhondria tampak berserakan di sana-sini dan tampak vakuola (gambar 27). Demikian pula, iradiasi dengan dosis sebesar 2 x 200 rad dan 3 x 200 rad memperlihatkan gambaran yang sama, hanya saja semakin besar dosis iradiasi inti tampak lebih pikonosis (Gambar 28 dan 29).

Pada pembesaran 10.000 kali, iradiasi dengan dosis sebesar 2 x 200 rad tampak mitokhondria berbentuk bulat dengan krista yang hilang. Hal ini membuktikan bahwa iradiasi mengakibatkan terganggunya pernafasan sel, di samping terganggunya beberapa fungsi tambahan, seperti metabolisme lemak, sintesis lemak, dan hormon steroid serta produksi panas. (Gambar 30)



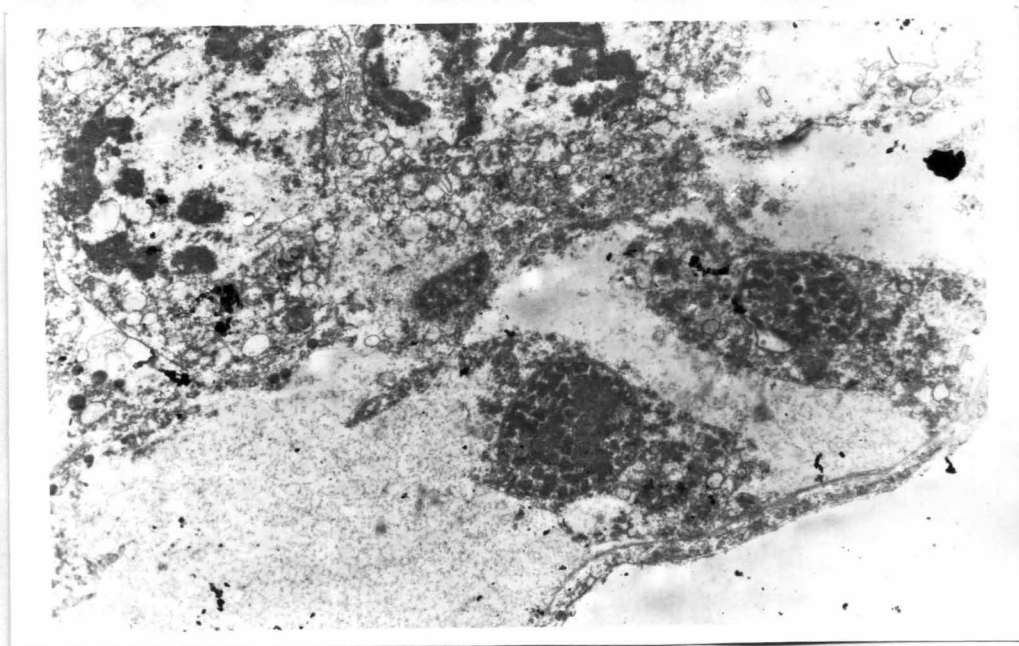
Gambar 26

Gambaran sel-sel spermatogonia yang tidak mendapat iradiasi (pembesaran 2000 x)



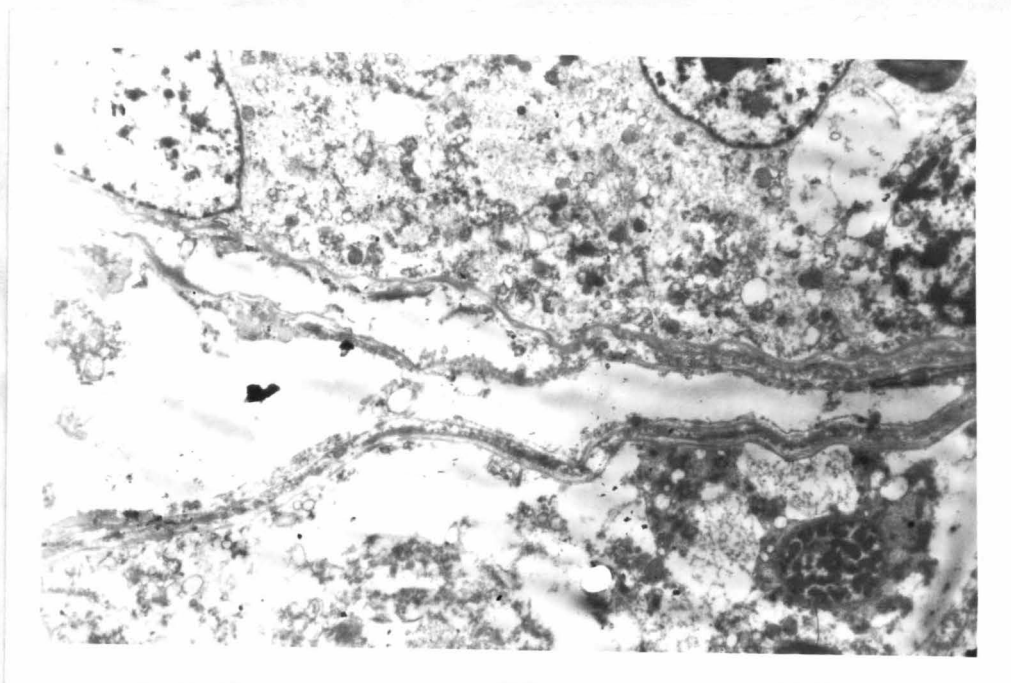
Gambar 27

Gambaran sel-sel spermatogonia yang mendapat iradiasi sebesar 1 x 200 rad (pembesaran 2000 x)



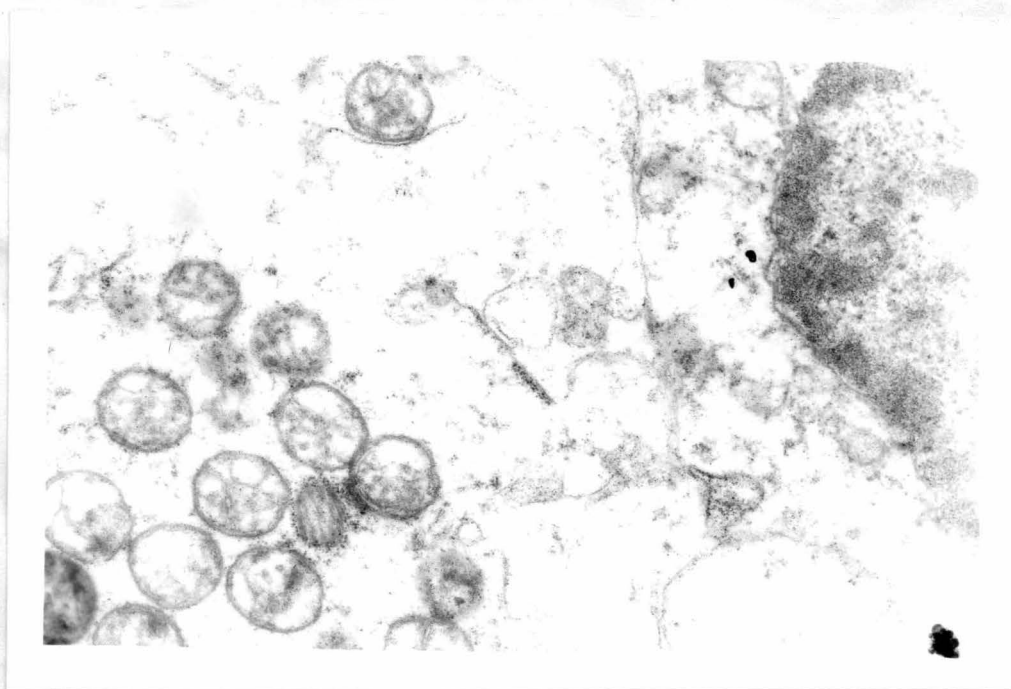
Gambar 28

Gambaran sel-sel spermatogonia yang mendapat iradiasi sebesar 2 x 200 rad (pembesaran 2000 x)



Gambar 29

Gambaran sel-sel spermatogonia yang mendapat iradiasi sebesar 3 x 200 rad (pembesaran 2000 x)



Gambar 30

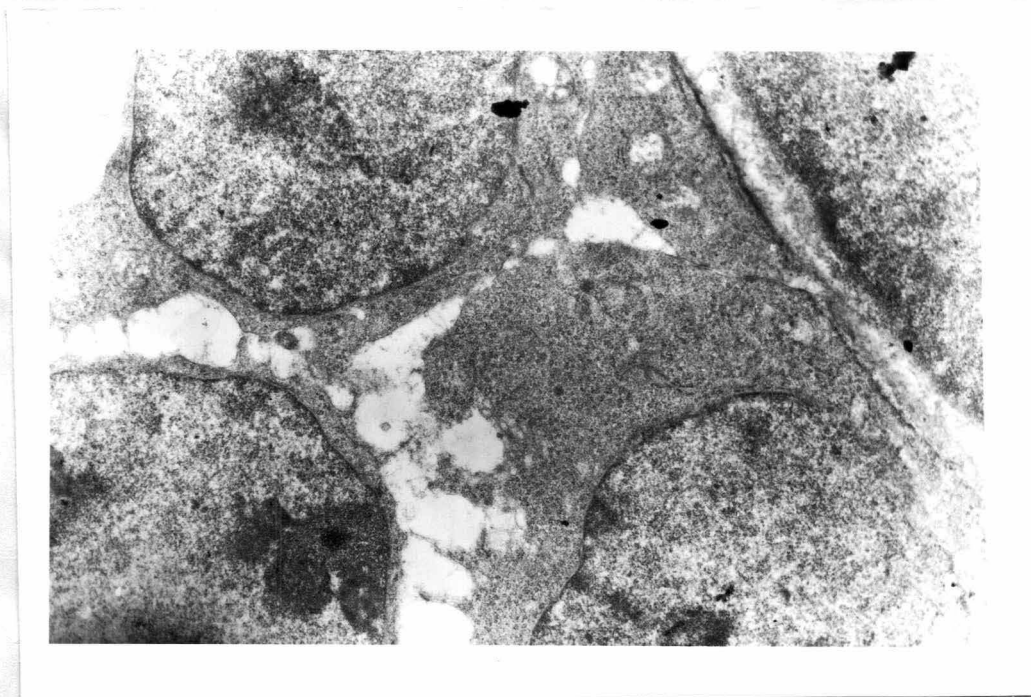
Mitokhondria berbentuk bulat dengan beberapa kristae yang hilang (pembesaran 10.000 x)

5. Efek Sinar-X terhadap Kerusakan Sel-Sel Folikel Matang pada Ovarium Mencit Parental Betina

Iradiasi sinar-X pada ovarium menimbulkan kerusakan pada folikel yang matang, yaitu adanya degenerasi dari sel-sel granulosa. Semakin besar dosis iradiasi yang diberikan, maka semakin banyak folikel yang matang mengalami kerusakan.

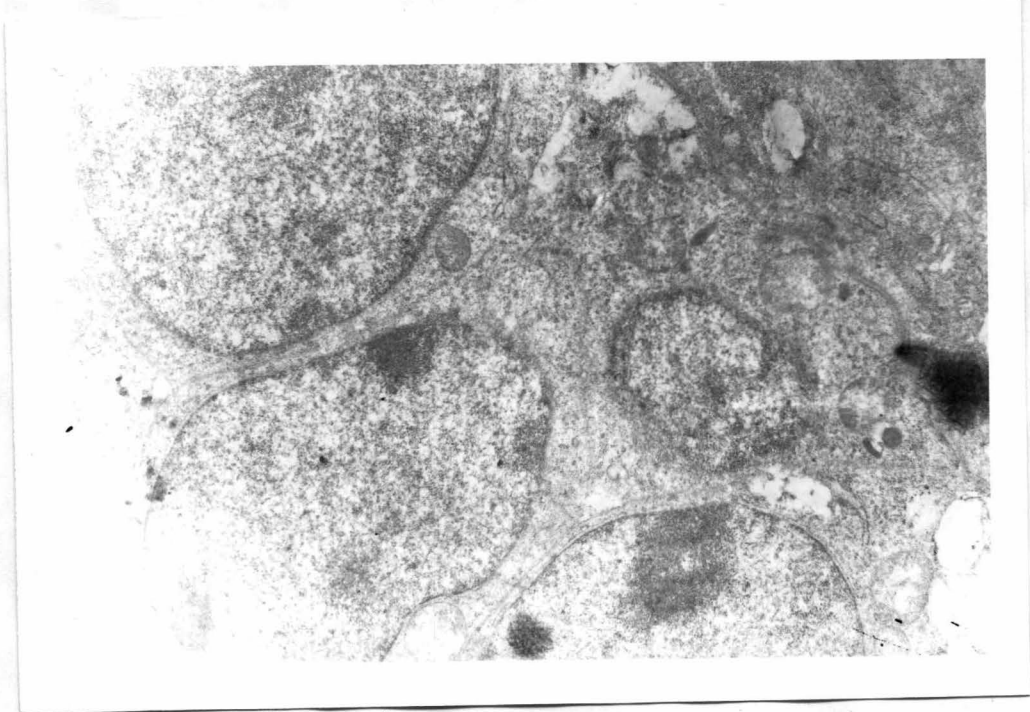
Lamanya pengamatan tidak memberikan perbedaan yang nyata pada jumlah folikel yang matang dalam ovarium.

Pengaruh iradiasi pada oogenesis tidak dapat mengadakan analisis secara lebih mendalam karena penahapannya lebih sukar dipelajari dan kualitas preparat histologinya yang dihasilkan tidak mendukung.



Gambar 31

Gambaran sel-sel granulosa yang tidak mendapat iradiasi (pembesaran 5000 x)



Gambar 32

Gambaran sel-sel granulosa yang mendapat iradiasi sebesar 1 x 200 rad (pembesaran 5000 x)

6. Efek Sinar-X terhadap Masa Kehamilan Mencit Parental dari Perkawinan Satu Hari Pascairadiasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan atas kelompok berdasarkan jenis kelamin yang mendapat iradiasi seluruh tubuh (A), nilai F_{hitung} diperoleh sebesar 6,3629, jika dibandingkan dengan F_{tabel} $\alpha=5\%$, $dk_{(3,48)} = 2,8$ dan $\alpha=1\%$, $dk_{(3,48)} = 4,22$ yang bersifat sangat nyata berpengaruh (signifikan), sedangkan untuk perlakuan berdasarkan besarnya dosis iradiasi yang diberikan pada seluruh tubuh mencit parental (B) diperoleh F_{hitung} sebesar 0,288888 yang jika dibandingkan dengan F_{tabel} dengan $\alpha=5\%$, $dk_{(2,48)} = 3,19$ dan $\alpha=1\%$, $dk_{(2,48)} = 5,08$

yang bersifat tidak berpengaruh (tidak signifikan).

Dengan demikian, penelitian ini memberikan hasil bahwa pengelompokan mencit parental berdasarkan jenis kelamin memberikan efek yang sangat nyata berpengaruh (signifikan), artinya sangat nyata memberikan pengaruh terhadap lamanya kehamilan mencit parental, sedangkan berdasarkan besarnya dosis iradiasi yang diberikan pada seluruh tubuh tidak nyata memberikan pengaruh.

Gibilisco (1985) mengemukakan bahwa salah satu efek biologi dari radiasi adalah efek somatik, bila mempengaruhi beberapa sel individu. Efek somatik sebagian tergantung pada kecepatan radiasi yang telah diberikan. Efek radiasi pertama yang ditemukan atau yang teramati, biasanya terjadi (bila mereka terjadi) dari beberapa hari sampai dengan beberapa minggu setelah iradiasi. Hal ini, sesuai dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa perlakuan berdasarkan jenis kelamin yang mendapat iradiasi seluruh tubuh (A) menimbulkan efek yang sangat nyata.

Dari hasil penelitian terlihat bahwa rata-rata masa kehamilan secara keseluruhan iradiasi kelompok mencit parental betina yang mendapat iradiasi seluruh tubuh adalah 19,467 hari, relatif lebih lama dibandingkan dengan rata-rata masa kehamilan secara keseluruhan iradiasi kelompok mencit parental jantan, yaitu selama 18,6 hari, ini menunjukkan bahwa mencit parental betina yang

mendapat iradiasi mendapatkan efek biologi, dalam hal ini merupakan efek somatik.

Smith & Mangkoewidjojo (1980), Green (1966), mengemukakan bahwa masa kehamilan pada mencit secara normal adalah 19 sampai dengan 21 hari. Hal ini, sesuai dengan kelompok mencit parental kontrol yang rata-rata secara keseluruhan masa kehamilan 18,400 hari.

Boyd (1961), mengemukakan bahwa seluruh bahan disusun dari unsur-unsur, seluruh unsur-unsur disusun dari atom-atom, dan seluruh atom-atom disusun dari partikel-partikel fisik dasar. Bentuk-bentuk kehidupan menggunakan atom-atom untuk membangun struktur biologi untuk molekul-molekul kimia. Radiasi mengganggu molekul-molekul ini dan sebab itu dapat merusak kehidupan. Kerusakan sel-sel hidup dipengaruhi oleh suatu pemindahan energi, yaitu dari bahan radioaktif pada sel oleh proses ionisasi yang telah kita lihat seperti hilangnya atau tambahan suatu elektron oleh suatu atom.

Pokok persoalan yang kompleks dari efek biologi radiasi pengion, barangkali dipertimbangkan dari sudut pandang teori target dan teori racun, yaitu sesuatu yang mengandung racun dengan luka inti sel dan sitoplasma, aksi sel somatik dari sel germinal, bermacam-macam radiosensitivitas dan daya tahan dari jaringan yang berbeda, efek segera dan efek tertunda.

7. Efek Sinar-X terhadap Masa Kumpul Mencit Jantan dan Betina Sampai Melahirkan Anak pada Mencit Parental dengan Perkawinan Satu Hari Pascairadiasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan atas kelompok berdasarkan perbedaan jenis kelamin yang mendapat iradiasi seluruh tubuh (A), nilai F_{hitung} diperoleh sebesar 7,0248112, jika dibandingkan dengan F_{tabel} dengan $\alpha=5\%$, $dk_{(3,48)} = 2,8$ dan $\alpha=1\%$, $dk_{(3,48)} = 4,22$ yang bersifat sangat nyata berpengaruh (signifikan). Akan tetapi untuk perlakuan berdasarkan besarnya dosis iradiasi, yang diberikan pada seluruh tubuh mencit parental (B), diperoleh F_{hitung} sebesar 0,491093, jika dibandingkan dengan F_{tabel} dengan $\alpha=5\%$, $dk_{(2,48)} = 3,19$ dan $\alpha=1\%$, $dk_{(2,48)} = 5,08$ yang bersifat tidak berpengaruh (tidak signifikan).

Dengan demikian, penelitian ini memberikan hasil bahwa pengelompokan mencit parental berdasarkan jenis kelamin, memberikan efek yang sangat nyata berpengaruh (signifikan), artinya sangat nyata memberikan pengaruh terhadap masa kumpul pertama mencit jantan dan betina sampai melahirkan anak pada mencit parental. Akan tetapi berdasarkan besarnya dosis iradiasi yang diberikan pada seluruh tubuh tidak nyata memberikan pengaruh.

8. Efek Sinar-X terhadap Kenaikan Berat Badan Anak Mencit (F1) yang Dilahirkan dari Mencit Parental dengan Perkawinan Satu Hari Pascairadiasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan kelompok berdasarkan jenis kelamin yang mendapat iradiasi seluruh tubuh (A), nilai F_{hitung} yang diperoleh sebesar 11,989946, jika dibandingkan F_{tabel} dengan $\alpha=5\%$, $dk_{(3,48)} = 2,8$ dan $\alpha=1\%$, $dk_{(3,48)} = 4,22$ bersifat sangat nyata berpengaruh (sangat signifikan). Akan tetapi, untuk perlakuan kelompok berdasarkan besarnya dosis iradiasi yang diberikan pada seluruh tubuh mencit parental (B), nilai F_{hitung} diperoleh sebesar 0,4078838, jika dibandingkan F_{tabel} dengan $\alpha=5\%$, $dk_{(2,48)} = 3,19$ dan $\alpha=1\%$, $dk_{(2,48)} = 5,08$ bersifat tidak berpengaruh (tidak signifikan).

Dengan demikian penelitian ini memberikan hasil bahwa pengelompokan mencit parental berdasarkan jenis kelamin, yang mendapat iradiasi seluruh tubuh, memberikan efek yang sangat nyata berpengaruh (sangat signifikan), artinya sangat nyata memberikan pengaruh terhadap kenaikan berat badan anak mencit (F1) yang dilahirkan, sedangkan berdasarkan besarnya dosis iradiasi yang diberikan pada seluruh tubuh, tidak memberikan efek (tidak signifikan), artinya tidak berpengaruh terhadap kenaikan berat badan anak mencit (F1) yang dilahirkan.

Testis, mendapat lebih banyak kesempatan penyinaran, dibandingkan ovarium sehingga iradiasi sinar-X memberikan pengaruhnya yang lebih besar pada testis daripada ovarium.

Kenaikan berat badan anak mencit (F1) yang dilahirkan dari kelompok mencit parental jantan yang mendapat iradiasi sinar-X seluruh tubuh, lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok mencit parental betina, karena rata-rata jumlah anak mencit (F1) yang dilahirkan dari kelompok mencit parental jantan, lebih sedikit daripada kelompok mencit parental betina. Hal lainnya pada kelompok mencit parental jantan yang mendapatkan radiasi sinar-X, mencit betina yang tidak mendapat iradiasi sehingga seluruh sistem kontrol fisiologis yang kompleks masih normal sehingga seluruh aktivitas metabolisme masih baik. Hal ini memungkinkan kenaikan berat badan pada anak mencit (F1) yang dilahirkan dari kelompok mencit parental jantan yang mendapat iradiasi seluruh tubuh, lebih tinggi karena lengkapnya nutrisi yang diterima dari induknya selama prenatal maupun postnatal dan masa pertumbuhan.

9. Efek Sinar-X terhadap Jumlah Anak Mencit (F2) yang Dilahirkan dari Mencit Parental dengan Perkawinan Satu Hari Pascairadiasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan atas kelompok berdasarkan jenis kelamin mencit parental jantan yang diiradiasi seluruh tubuh (A), nilai F_{hitung} yang diperoleh sebesar 5,8706666, jika dibandingkan dengan F_{tabel} dengan $\alpha = 5\%$, $dk_{(3,48)} = 2,8$ dan $\alpha = 1\%$, $dk_{(3,48)} = 4,22$ yang bersifat sangat nyata berpengaruh (signifikan). Akan tetapi, untuk perlakuan berdasarkan besarnya dosis iradiasi yang diberikan padaseluruh tubuh mencit parental (B), diperoleh F_{hitung} sebesar 0,468 jika dibandingkan dengan F_{tabel} dengan $\alpha = 5\%$, $dk_{(2,48)} = 3,19$ dan $\alpha = 1\%$, $dk_{(2,48)} = 5,08$ bersifat tidak berpengaruh (tidak signifikan).

Dengan demikian, penelitian ini memberikan hasil bahwa pengelompokan mencit parental berdasarkan jenis kelamin yang diiradiasi seluruh tubuh, memberikan efek yang nyata berpengaruh (signifikan), artinya nyata memberikan pengaruh terhadap jumlah anak mencit (F2) yang dilahirkan, sedangkan berdasarkan besarnya dosis iradiasi yang diberikan pada seluruh tubuh tidak nyata memberikan pengaruh.

Bernstein & Bernstein (1982) mengemukakan bahwa seluruh bentuk pancaran energi diteruskan dalam bentuk gelombang termasuk sinar-X yang dapat mengganggu struktur

kimia molekul DNA.

Keeton (1976) mengemukakan bahwa perubahan pada DNA dapat mengubah kadar informasinya. Dengan demikian, dapat dihasilkan alel baru yang disebut mutasi, yaitu sebagai suatu rangkaian nukleotida mengode untuk satu rantai polipeptida, suatu gen adalah pokok persoalan pada suatu jumlah jenis-jenis dari mutasi. Menurut Bernstein dan Bernstein (1982) mutasi yang terjadi dalam gamete adalah sperma dan telur, yaitu lebih serius daripada mutasi yang terjadi di dalam sel tubuh. Ketika suatu mutasi digabungkan di dalam kumpulan gen, yang dibawa oleh suatu telur yang dibuahi, maka akan terjadi kesalahan terus menerus pada setiap pembelahan sel.

Winchester (1958) mengemukakan bahwa sinar-X menambah aberasi khromosom yang sama dengan terjadinya mutasi gen. Inversi, delesi, duplikasi, translokasi, "non disjunction", dan berbagai bentuk ploidy semuanya sebanding dengan jumlah radiasi yang diterima. Aberasi khromosom acapkali menghasilkan efek "phenotipe" yang kelihatan pada generasi pertama setelah iradiasi, sedangkan mutasi sebagian besar bersifat resesif.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata jumlah anak mencit (F2) yang dilahirkan, baik dari keturunan kelompok mencit parental betina maupun dari kelompok mencit parental jantan yang diberi iradiasi, lebih rendah jumlahnya dibandingkan dengan rata-rata jumlah anak mencit

(F2) keturunan kelompok mencit parental kontrol. Demikian pula, rata-rata jumlah anak mencit (F2), yang dilahirkan dari keturunan kelompok mencit parental betina dan jantan yang diberi radiasi seluruh tubuh, lebih rendah daripada rata-rata jumlah anak mencit (F2) yang dilahirkan dari keturunan kelompok mencit parental kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa kelompok perlakuan terhadap jenis kelamin nyata berpengaruh, sedangkan perlakuan berdasarkan besarnya dosis iradiasi bersifat tidak nyata berpengaruh.

Pengurangan rata-rata jumlah anak mencit (F2) yang dilahirkan dari keturunan parental, yang diiradiasi seluruh tubuh, menyebabkan terjadinya mutasi, hal ini sesuai dengan teori yang dikemukakan di atas. Gibilisco (1985) mengemukakan bahwa koefisien perlemahan ("attenuation coefficient") μ , harganya biasanya berkurang dengan bertambahnya energi foton. Hal ini, sesuai dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa, baik pada kelompok mencit parental betina maupun pada kelompok mencit parental jantan, yang diiradiasi seluruh tubuh dengan dosis sebesar 1×200 rad memberikan rata-rata jumlah anak mencit (F2), lebih sedikit dibandingkan dengan rata-rata jumlah anak mencit (F2) yang dilahirkan dari keturunan kelompok mencit parental yang mendapat iradiasi seluruh tubuh dengan dosis sebesar 2×200 rad. Demikian pula, rata-rata jumlah anak mencit (F2), yang dilahirkan dari keturunan

kelompok mencit parental, yang mendapat iradiasi seluruh tubuh dengan dosis sebesar 2×200 rad, lebih sedikit dibandingkan dengan rata-rata jumlah anak mencit (F2) yang dilahirkan dari keturunan kelompok mencit parental, yang mendapat iradiasi seluruh tubuh dengan dosis sebesar 3×200 rad.

Ackerman dkk. (1979) mengemukakan bahwa perubahan khromosom akibat iradiasi dapat terjadi selama bagian-bagian daur (antarfase) G1, S dan G2, sedangkan efek khromatid akan dihasilkan selama fase M. Perubahan ini berkisar antara konfigurasi geometris yang sangat sederhana (yaitu patah tunggal) dan kompleks yang merupakan hasil dari beberapa pemecahan penggabungan baru bahan DNA berikutnya. Salah satu temuan yang sangat menarik adalah pada waktu peralihan yang sebenarnya dari sembarang titik di dalam daur ke fase M berikutnya acapkali tertunda oleh adanya radiasi. Jadi, selang waktu Dari G2 ke M dapat menjadi demikian lama sehingga beberapa bagian sel tidak pernah mengalami mitosis (atau meiosis). Kelainan ini dapat berlanjut sampai dengan suatu tingkat metabolisme yang relatif normal dan dapat merambat ke dalam sitoplasma.

10. Efek Sinar-X terhadap Jumlah Anak Mencit Jantan (F₂) yang Dilahirkan dari Mencit Parental dengan Perkawinan Satu Hari Pascairadiasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan atas kelompok jenis kelamin mencit parental yang diiradiasi seluruh tubuh (A), nilai F_{hitung} diperoleh sebesar 2,7328842 yang jika dibandingkan dengan F_{tabel} dengan $\alpha = 10\%$, $dk_{(3,48)} = 2,20$ yang bersifat nyata berpengaruh (signifikan), sedangkan untuk perlakuan berdasarkan besarnya dosis iradiasi yang diberikan pada seluruh tubuh mencit parental (B), diperoleh F_{hitung} sebesar 0,8484848, jika dibandingkan dengan F_{tabel} $\alpha = 10\%$, $dk_{(2,48)} = 2,42$ bersifat tidak berpengaruh (tidak signifikan).

Dengan demikian, penelitian ini memberikan hasil bahwa pengelompokan mencit parental berdasarkan jenis kelamin yang diiradiasi seluruh tubuh, memberikan efek yang nyata berpengaruh (signifikan), artinya nyata berpengaruh terhadap jumlah anak mencit jantan (F₂) yang dilahirkan, sedangkan berdasarkan besarnya dosis iradiasi yang diberikan pada seluruh tubuh tidak nyata memberikan pengaruh.

Keeton (1976) mengemukakan bahwa perubahan pada molekul DNA dapat mengubah kadar informasi sehingga menghasilkan alel baru yang disebut mutasi. Menurut Bernstein dan Bernstein (1981) mutasi yang terjadi dalam gamete, yaitu pada sperma dan telur yang kemudian bila

terjadi pembuahan, maka akan terjadi kesalahan terus menerus pada setiap pembelahan sel dan setiap sel dari organisme dewasa membawaperubahan struktur molekul DNA. Menurut Yatim (1986) gen letal ialah gen yang dapat menyebabkan kematian suatu individu yang memilikinya. Kematian dapat berlangsung pada masa embrio atau baru lahir. Apabila kematian berlangsung menjelang dewasa disebut gen subletal. Ada gen letal yang bersifat resesif, ada pula yang bersifat dominan, yang dapat menyebabkan letal dalam susunan homozigot. Sedangkan dalam susunan heterozigot ada yang subletal, ada pula yang bisa hidup sehat sampai dengan dewasa dan berketurunan. Yang heterozigot ini, seperti halnya letal resesif mewariskan karakter buruk itu kepada keturunannya. Berbeda dengan letal resesif, heterozigot letal dominan ada yang memperlihatkan fenotipe cacat atau kelainan, sedangkan heterozigot letal resesif tidak ada, artinya hidup normal dan tidak memperlihatkan kelainan.

Amitaba (1976) mengemukakan, pemberian radiasi sinar X dapat mengakibatkan "sex linked letal mutation" yang resesif dengan dosis tertentu. Bilamana ada mutasi, maka jumlah mencit jantan dalam setiap generasi akan berkurang.

Hal ini, sesuai dengan hasil penelitian yang membuktikan bahwa rata-rata jumlah anak mencit jantan generasi kedua (F₂), lebih sedikit (bila) dibandingkan dengan rata-rata jumlah anak mencit jantan generasi pertama (F₁),

yang dilahirkan dari kelompok mencit parental betina atau dari kelompok mencit parental jantan, yang mendapat iradiasi sinar-X pada seluruh tubuh.

Emery (1985) mengemukakan bahwa apabila mutan-mutan tersebut letal, maka jumlah kelahiran laki-laki akan turun dan rasio seks (jumlah kelahiran laki-laki dibagi dengan jumlah kelahiran perempuan) akan turun. Inilah yang mungkin akan terjadi, apabila mutasi terangkai-X resesif terjadi pada gonad maternal pada wanita yang terkena radiasi.

Hal ini, sesuai dengan hasil penelitian yang membuktikan bahwa rasio seks pada mencit F2 yang parental betinanya mendapat iradiasi, lebih kecil bila dibandingkan dengan rasio seks mencit kontrol yang tidak mendapat iradiasi, Neel dan Schuul mendapatkan bukti nyata yaitu adanya sedikit perubahan rasio seks yang dapat ditafsirkan sebagai akibat terjadinya mutasi berangkai-X.

11. Efek Sinar-X terhadap Kenaikan Berat Badan Anak Mencit (F2) yang Dilahirkan dari Mencit Parental dengan Perkawinan Satu Hari Pascairadiasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan atas kelompok berdasarkan jenis kelamin mencit parental yang diiradiasi seluruh tubuh (A), nilai F_{hitung} diperoleh sebesar 1,1598184, jika dibandingkan dengan F_{tabel} dengan $\alpha=5\%$, $dk_{(3,48)} = 2,80$ dan $\alpha=1\%$, $dk_{(3,48)} = 4,22$ yang

bersifat tidak berpengaruh (tidak signifikan), sedangkan untuk perlakuan berdasarkan besarnya dosis iradiasi yang diberikan pada seluruh tubuh mencit parental (B), diperoleh F_{hitung} sebesar 4,7738159, jika dibandingkan dengan F_{tabel} dengan $\alpha=5\%$, $dk_{(2,48)} = 3,19$ yang bersifat nyata berpengaruh (signifikan)

Dengan demikian, penelitian ini memberikan hasil bahwa pengelompokan mencit parental berdasarkan jenis kelamin yang mendapat iradiasi seluruh tubuh, tidak memberikan efek terhadap kenaikan berat badan anak mencit (F2) yang dilahirkan (tidak signifikan). artinya tidak nyata memberikan pengaruh terhadap kenaikan berat badan anak mencit (F2) yang dilahirkan. Akan tetapi, berdasarkan besarnya dosis iradiasi yang diberikan pada seluruh tubuh, nyata berpengaruh terhadap kenaikan berat badan anak mencit (F2) yang dilahirkan.

De Robertis dan De Robertis (1980) mengemukakan bahwa mutasi gen dan aberasi khromosom terjadi secara spontan, tetapi frekuensinya bertambah disebabkan oleh aksi radiasi pengion. Di dalam bermacam organisme, telah ditunjukkan bahwa jumlah mutasi disebabkan oleh radiasi sebanding dengan dosis.

Efek radiasi adalah kumulatif di atas periode waktu yang panjang. Dibandingkan dengan mutasi gen, aberasi khromosom bertambah secara eksponensial. Lebih banyak aberasi khromosom dihasilkan secara terus menerus daripada

perlakuan sebentar-sebentar.

Suatu dosis radiasi yang rendah tidak cukup untuk menyebabkan fraktur di dalam suatu khromosom. Apabila dosis radiasi bertambah, maka jumlah patahan bertambah dan fusi "aberrant" menjadi lebih banyak dan lebih mungkin. Apabila dosis radiasi terputus-putus atau intensitas rendah, maka terdapat suatu kesempatan yang lebih besar, yaitu bagian terakhir dari patahan khromosom akan bergabung kembali atau menjadi sembuh pada struktur khromosom semula, sebelum suatu patahan kedua dapat menyebabkan aberasi.

Tipe aberasi khromosom tergantung pada periode siklus sel, sel pada saat iradiasi. Suatu patahan khromatid dapat terjadi pada periode G2 dan suatu patahan khromosom (dua khromatid) terjadi, bila sel berada pada periode G1, sebelum duplikasi DNA. Iradiasi biasanya menghasilkan luka (lesi) setempat yang stabil dan membentuk yang disebut "gap". Setelah beberapa waktu, "gap" demikian barangkali diperbaiki. Perbaikan demikian menghasilkan pemulihan lengkap dari struktur asal (perbaikan sebenarnya). Apabila tidak terjadi perbaikan, luka atau lesi menjadi stabil dan tampak secara sitologis. Proses pemulihan dihambat oleh suhu rendah, sianida, dinitrofenol. Oksigen menambah jumlah fraktur dan "chromosomal interchange".

Pada penelitian ini, digunakan dosis tunggal dan

terlihat bahwa kelompok perlakuan berdasarkan besarnya dosis iradiasi yang diberikan pada seluruh tubuh bersifat nyata berpengaruh (signifikan). Hal ini membuktikan bahwa terjadi lebih banyak aberasi khromosom. Terjadinya aberasi khromosom mengakibatkan hilangnya gena-gena yang bertanggung jawab untuk sintesis protein sehingga aktivitas biologi menghilang. Sesuai dengan teori yang dikemukakan di atas, pada penelitian ini semakin besar dosis iradiasi yang diberikan, maka rata-rata kenaikan berat badan anak mencit (F2) yang dilahirkan semakin kecil. Hal ini, mungkin karena bertambahnya jumlah patahan pada khromosom.

Pada pemeriksaan khromosom, dapat dilihat bahwa iradiasi dengan dosis sebesar 1×200 rad mengakibatkan terjadinya patahan pada khromosom. (Gambar 34)

Pada iradiasi dengan dosis sebesar 2×200 rad, di samping terjadinya patahan juga beberapa khromosom di antaranya berbentuk cincin. (Gambar 35)

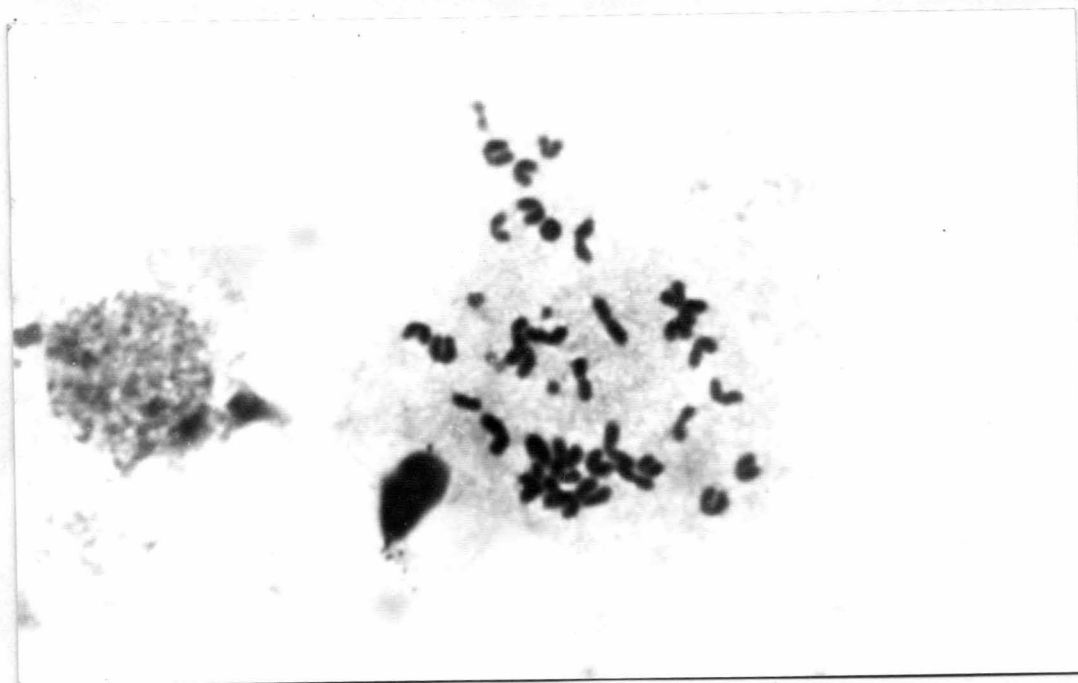
Pada iradiasi dengan dosis sebesar 3×200 rad, terjadinya patahan dan bentuk cincin serta bentuk-bentuk lainnya dari khromosom bertambah. (Gambar 36)

Oleh karena itu hasil penelitian ini membuktikan bahwa iradiasi sinar-X pada seluruh tubuh mencit mengakibatkan terjadinya aberasi khromosom.



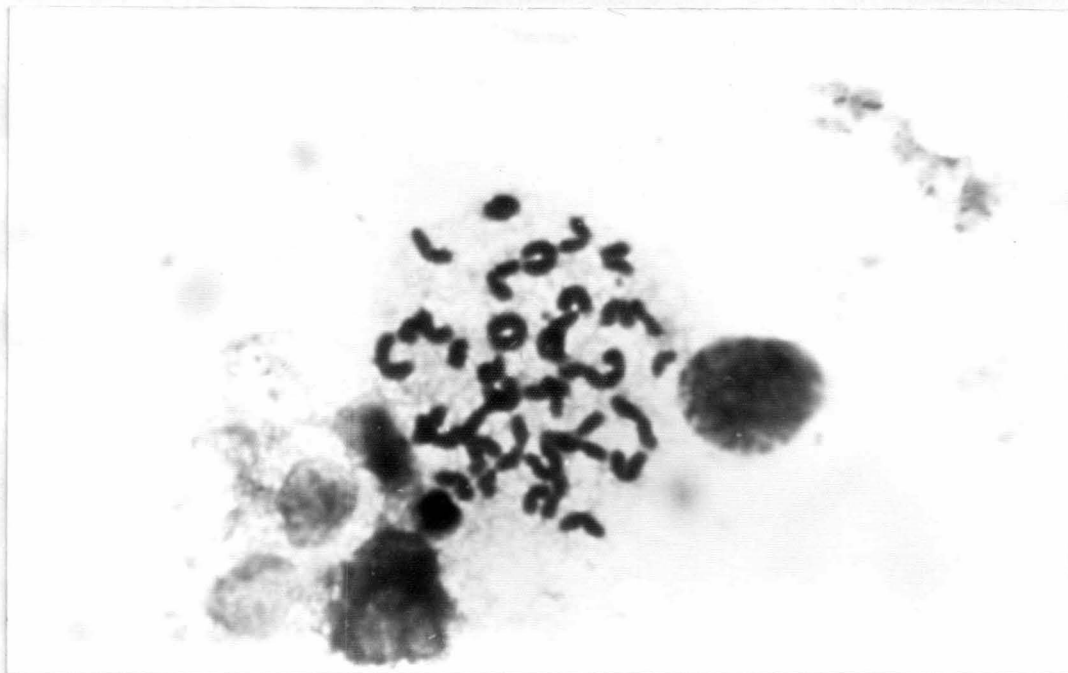
Gambar 33

Gambaran khromosom mencit yang tidak mendapat iradiasi



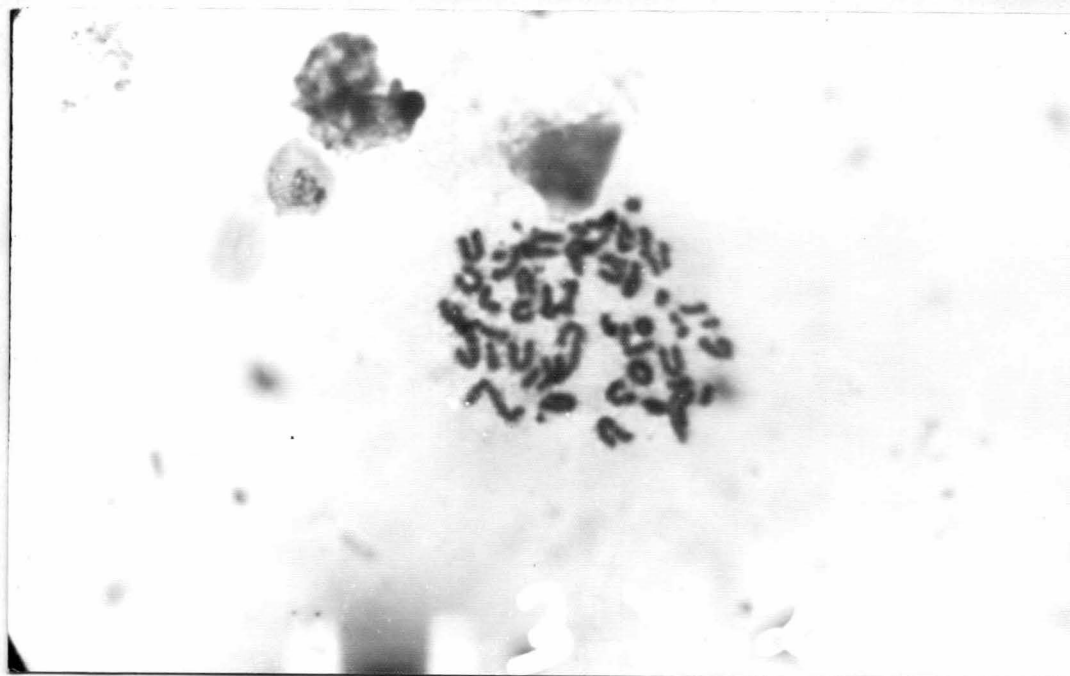
Gambar 34

Gambaran khromosom mencit yang mendapat iradiasi dengan dosis sebesar 1 x 200 rad



Gambar 35

Gambaran khromosom mencit yang mendapat iradiasi dengan dosis sebesar 2 x 200 rad



Gambar 36

Gambaran khromosom mencit yang mendapat iradiasi dengan dosis sebesar 3 x 200 rad

12. Efek Sinar-X terhadap Jumlah Anak Mencit (F1) yang Dilahirkan dari Perkawinan Sepuluh Hari Pascairadiasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan atas kelompok berdasarkan jenis kelamin yang mendapat iradiasi seluruh tubuh pada mencit parental (A), nilai F_{hitung} diperoleh sebesar 5,2807177, jika dibandingkan dengan F_{tabel} dengan $\alpha=5\%$, $dk_{(3,48)} = 2,8$ dan $\alpha=1\%$, $dk_{(3,48)} = 4,22$ bersifat nyata berpengaruh (signifikan), sedangkan untuk perlakuan kelompok berdasarkan dosis iradiasi yang diberikan pada seluruh tubuh mencit parental (B), nilai F_{hitung} yang diperoleh sebesar 0,5602189, jika dibandingkan dengan F_{tabel} dengan $\alpha=5\%$, $dk_{(2,48)} = 3,19$ dan $\alpha=1\%$, $dk_{(2,48)} = 5,06$ bersifat tidak berpengaruh (tidak signifikan).

Dengan demikian, penelitian ini memberikan hasil bahwa pengelompokan mencit parental berdasarkan jenis kelamin yang mendapat iradiasi seluruh tubuh, memberikan efek yang nyata berpengaruh (signifikan), artinya nyata memberikan pengaruh terhadap jumlah anak mencit (F1), yang dilahirkan dari perkawinan mencit parental sepuluh hari pascairadiasi seluruh tubuh. Akan tetapi, berdasarkan besarnya dosis iradiasi yang diberikan pada seluruh tubuh pada mencit parental, tidak memberikan efek, artinya tidak memberikan pengaruh terhadap jumlah anak mencit (F1) yang dilahirkan dari perkawinan sepuluh hari pascairadiasi seluruh tubuh.

Efek sinar-X terhadap jumlah anak mencit (F1) yang dilahirkan dari perkawinan sepuluh hari pascairadiasi, menunjukkan penurunan rata-rata jumlah anak mencit (F1) yang dilahirkan, baik dari kelompok mencit parental betina maupun pada kelompok mencit parental jantan, yang mendapat iradiasi seluruh tubuh dengan dosis 1 x 200 rad, 2 x 200 rad, dan 3 x 200 rad.

Casarett (1968) mengemukakan bahwa banyak sel granulosa piknotik, yang dapat dilihat dalam perkembangan folikel di dalam waktu beberapa jam, setelah penyinaran seluruh tubuh dengan dosis penyinaran rendah dan sedang.

Ovum pada sebagian besar folikel juga menunjukkan perubahan degeneratif. Dalam sebagian besar spesies folikel intermediate paling sensitif, sedangkan folikel dewasa agak lebih resisten, dan folikel primer paling resisten.

Perlakuan iradiasi dosis kecil pada tikus akan merusak folikel intermediate dan folikel dewasa, tetapi folikel primer akan bertahan hidup.

Penurunan rata-rata jumlah anak mencit (F1), yang dilahirkan dari kelompok mencit parental betina, yang perkawinannya dilaksanakan sepuluh hari pascairadiasi, dengan dosis sebesar 1 x 200 rad, 2 x 200 rad, 3 x 200 rad merupakan efek langsung pada gonad di mana folikel intermediate akan dirusak.

Penurunan rata-rata jumlah anak mencit (F1), yang

dilahirkan dari kelompok mencit parental jantan, yang perkawinannya dilaksanakan sepuluh hari pascairadiasi, dengan dosis sebesar 1 x 200 rad, 2 x 200 rad, dan 3 x 200 rad merupakan efek langsung pada gonad di mana hampir tidak ada spermatogonia dan hanya beberapa spermatisit pertama karena melebihi tingkat spermatogonia.

Penurunan rata-rata jumlah anak mencit (F1), yang dilahirkan dari kelompok mencit parental jantan, yang perkawinannya dilaksanakan sepuluh hari pascairadiasi, dengan dosis sebesar 1 x 200 rad, 2 x 200 rad, dan 3 x 200 rad, lebih rendah daripada penurunan rata-rata jumlah anak mencit (F1), yang dilahirkan dari kelompok mencit parental betina, yang perkawinannya dilaksanakan sepuluh hari pascairadiasi, dengan dosis sebesar 1 x 200 rad, 2 x 200 rad, dan 3 x 200 rad. Hal ini, sesuai dengan pendapat Behrens (1959) yang mengemukakan bahwa ovarium kurang radiosensitif daripada testis.

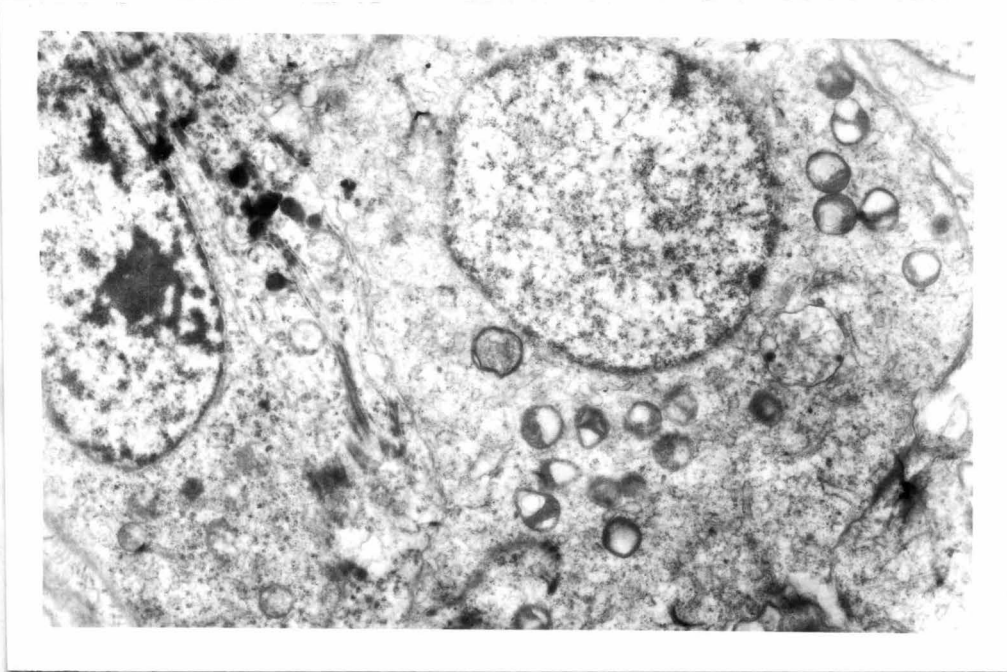
Claus (1958) mengemukakan bahwa epitel germinal dari testis dan ovarium adalah juga di antara jaringan tubuh mamalia yang lebih radiosensitif. Kerusakan dari jaringan ini menambah penurunan tingkat fertilitas dari debilitas dan timbulnya penyakit seperti pada organ hematopoietik dan saluran pencernaan. Pada testis, spermatogonia merupakan sel yang bereaksi pertama kali terhadap radiasi. Apabila dosis penyinaran tinggi (300 R sampai dengan 400 R penyinaran akut), proses mitosis sel spermatogonia hilang

sama sekali dalam waktu satu jam, sedangkan sel spermatogonia dalam keadaan istirahat hadir dalam jumlah normal di atas 20 jam. Sel-sel, seperti dalam keadaan profase spermatosit dalam keadaan istirahat dan proses mitosis dari spermatosit terjadi di atas 20 jam setelah penyinaran dengan frekuensi yang sama dengan kontrol. Hilangnya spermatogonia menyebabkan pengurangan dari komponen yang lebih dewasa, mengambil tempat di atas periode waktu beberapa hari sampai beberapa minggu dan tergantung pada bagian spesies. Jaringan interstitiel dan sel sertoli adalah kurang sensitip daripada unsur germinal. Libido dan kemampuan sedikit diubah selama sel-sel interstitiel tetap tidak terhalang.

Pada ovarium, oosit adalah jenis sel pertama kali yang mengadakan reaksi. Folikel primer, sekunder, dan folikel graff yang dewasa adalah lebih resisten daripada oosit dan stroma, epitel germinal serta korpus luteum adalah tetap lebih resisten. Sperma yang dewasa dan ovum adalah kurang mudah dirusak daripada spermatogonia dan oosit. Dosis penyinaran sebesar 100 sampai dengan 200 R pada gonad manusia menyebabkan sterilitas, sementara untuk interval waktu beberapa minggu sampai dengan beberapa bulan. Sterilitas tetap dihasilkan ketika epitel germinal dirusak secara lengkap. Tingkat dosis yang diperlukan untuk efek ini adalah dalam jarak 400 sampai dengan 600 R. Dosis penyinaran dalam jarak 100.000 sampai dengan

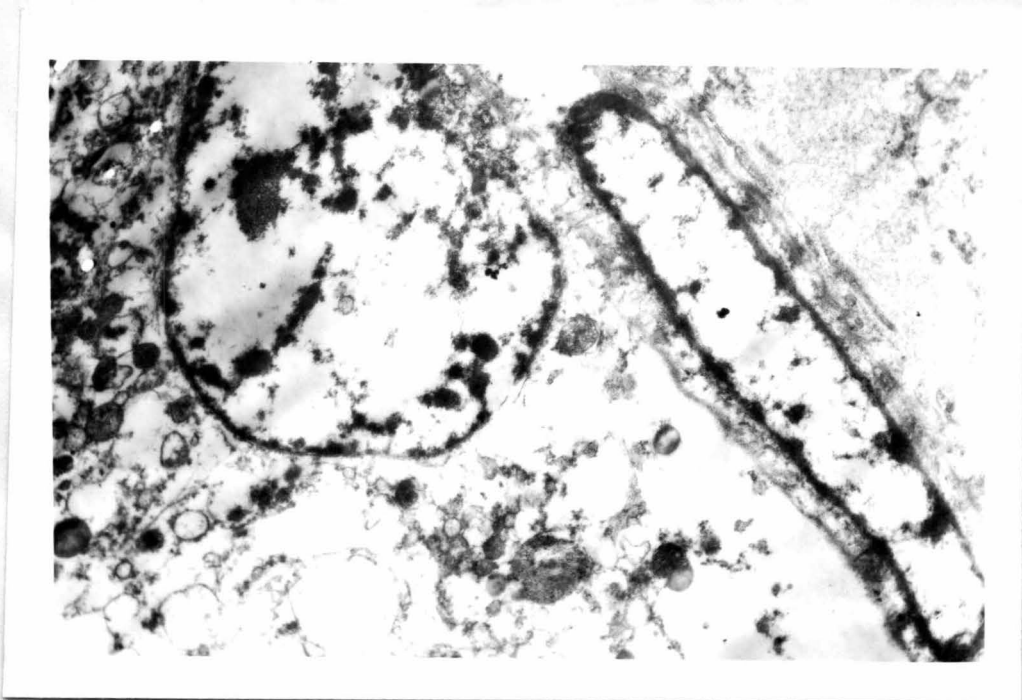
200.000 R, diperlukan untuk menghentikan motilitas dari sperma, tetapi dosis sebesar 100 R atau kurang akan mengakibatkan kelainan perkembangan pada sperma beberapa organisme, frekuensi kelainan, dan tingkatan mereka bervariasi secara langsung dengan dosis.

Pada pembesaran 4000 kali, 10 hari pascairadiasi, dengan dosis 1×200 rad memperlihatkan gambaran kerusakan sel, baik inti maupun sitoplasma sel, serupa dengan kerusakan yang terjadi pada satu hari pascairadiasi dengan ditandai hancurnya membran sel dan tampak rumpun-rumpun kromatin pada inti sel. Pada sitoplasma tampak beberapa vakuola dan organela mitokhondria yang berbentuk bulat tanpa terlihat adanya krista yang jelas. (Lihat gambar 37).



Gambar 37

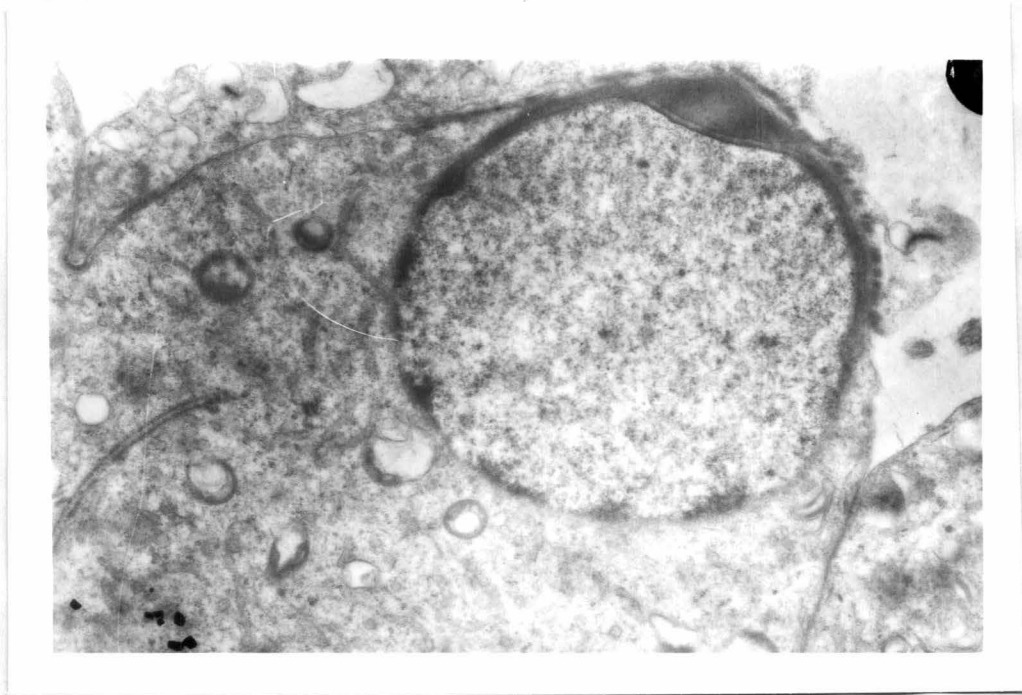
Gambaran sel spermatogonia 10 hari pascairadiasi
dengan dosis 1×200 rad (pembesaran 4000 x)



Gambar 38

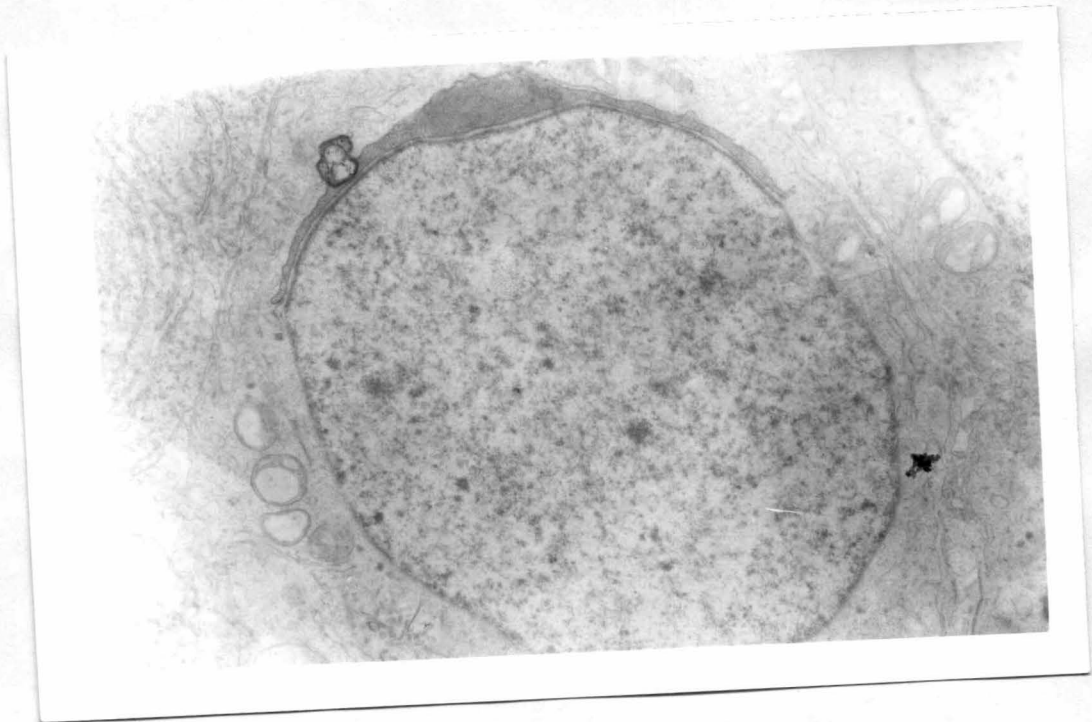
Gambaran sel spermatogonia satu hari pascairadiasi
dengan dosis 1×200 rad (pembesaran 4000 X)

Iradiasi dengan dosis sebesar 1×200 Rad akan mengakibatkan terjadinya bentuk malformasi dari akrosom sel spermatid, yaitu akrosom terdiri dari untaian bagian akrosom. Hal ini terlihat 10 hari pascairadiasi (gambar: 39).



Gambar 39

Gambaran bentuk malformasi dari akrosom sel spermatid
10 hari pascairadiasi dengan dosis 1×200 rad
(pembesaran 5000 x)



Gambar 40

Gambaran akrosom sel spermatid yang tidak mendapat iradiasi (pembesaran 6000 x)

13. Efek Sinar-X terhadap Jumlah Anak Mencit (F1) yang Dilahirkan dari Perkawinan 20 Hari Pascairadiasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan atas kelompok berdasarkan jenis kelamin yang mendapat iradiasi seluruh tubuh, mencit parental (A) nilai F_{hitung} diperoleh sebesar 3,0094537, jika dibandingkan dengan F_{tabel} dengan $\alpha=5\%$, $dk_{(3,48)} = 2,8$ dan $\alpha=1\%$, $dk_{(3,48)} = 4,22$ bersifat nyata berpengaruh (signifikan), sedangkan untuk perlakuan kelompok berdasarkan besarnya dosis iradiasi yang diberikan pada seluruh tubuh, mencit parental (B) nilai

F_{hitung} yang diperoleh sebesar 0,4124649, jika dibandingkan dengan F_{tabel} dengan $\alpha = 5\%$, $dk_{(2,48)} = 3,19$ dan $\alpha = 1\%$, $dk_{(2,48)} = 5,08$ bersifat tidak berpengaruh (tidak signifikan).

Dengan demikian, penelitian ini memberikan hasil bahwa pengelompokan mencit parental berdasarkan jenis kelamin yang mendapat iradiasi seluruh tubuh, memberikan efek yang nyata berpengaruh (signifikan), artinya nyata memberikan pengaruh terhadap jumlah anak mencit (F1) yang dilahirkan dari perkawinan mencit parental 20 hari pasca-iradiasi seluruh tubuh. Akan tetapi, berdasarkan besarnya dosis iradiasi yang diberikan pada seluruh tubuh pada mencit parental tidak memberikan efek, artinya tidak memberikan pengaruh terhadap jumlah anak mencit (F1) yang dilahirkan dari perkawinan 20 hari pascairadiasi seluruh tubuh.

William (1981) mengemukakan bahwa setelah penyinaran yang akut spermatogonia akhirnya akan sembuh kembali bila dosisnya tidak terlalu banyak. Dosis maksimal untuk penyembuhan kembali, tidak diketahui, tetapi kemungkinan berkisar di antara 400 R dan 600 R.

Kenaikan rata-rata jumlah anak mencit (F1), yang dilahirkan dari perkawinan 20 hari pascairadiasi dari kelompok mencit parental jantan yang diiradiasi seluruh tubuh dengan dosis sebesar 1 x 200 rad, 2 x 200 rad, dan 3 x 200 rad, sesuai dengan yang dikemukakan oleh William

(1981). Kenaikan ini disebabkan oleh terdapatnya beberapa spermatoosit pertama, yang pada saat iradiasi melebihi tingkat spermatogonia dan terus menjadi dewasa.

Casarett (1968) mengemukakan bahwa 3 minggu setelah iradiasi terdapat sperma, spermatid dan beberapa spermatogonia A. Perubahan histologi terjadi dengan cepat setelah iradiasi dan dalam waktu 27 hari, setelah penyinaran dengan dosis radiasi sebesar 100 R terjadi pengurangan dari seluruh bentuk sel, kecuali spermatid dewasa yang sangat mencolok jumlahnya.

Kenaikan rata-rata jumlah anak mencit (F1) yang dilahirkan dari perkawinan 20 hari pascairadiasi dari kelompok mencit parental betina yang diiradiasi seluruh tubuh dengan dosis sebesar 1 x 200 rad, 2 x 200 rad, dan 3 x 200 rad, sesuai dengan pendapat Casarett (1968) yang mengemukakan bahwa folikel kecil yang resisten akan bertahan hidup pada dosis sedang dan akhirnya akan menjadi dewasa.

Kenaikan rata-rata jumlah anak mencit (F1) yang dilahirkan dari perkawinan 20 hari pascairadiasi dari kelompok mencit parental jantan yang diiradiasi, lebih rendah daripada kenaikan rata-rata jumlah anak mencit (F1) yang dilahirkan dari kelompok mencit parental betina yang diiradiasi, sesuai dengan pendapat Behrens (1959) yang mengemukakan bahwa ovarium kurang radiosensitif daripada testis.

Bernes dan Ress (1972) mengemukakan bahwa kerusakan pada sel-sel tidak tergantung pada hanya sejumlah energi yang dilepaskan oleh ionisasi, tetapi juga pada distribusi tempat atau ruang dari energi ini. Dengan demikian, radiasi pengion yang mempunyai LET tinggi mempunyai harga "Relative Biological Effectiveness" (RBE) yang lebih besar. Efek radiasi pada tubuh di antaranya tergantung pada dosis radiasi, bila lebih besar dosis maka lebih besar efek. Efek yang kelihatan pada individu yang diiradiasi disebut efek somatik. Efek somatik yang dihasilkan oleh radiasi tergantung pada tempat dan ukuran dari daerah yang diiradiasi dan tergantung pada banyaknya radiasi dan waktu yang diberikan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar dosis iradiasi pada seluruh tubuh mencit, maka semakin besar efek yang dapat dilihat. Sesuai dengan pendapat Rubin dkk. (1983) yang mengemukakan bahwa efek biologi dari radiasi adalah berbanding langsung dengan dosis dan volume berbanding terbalik dengan waktu.

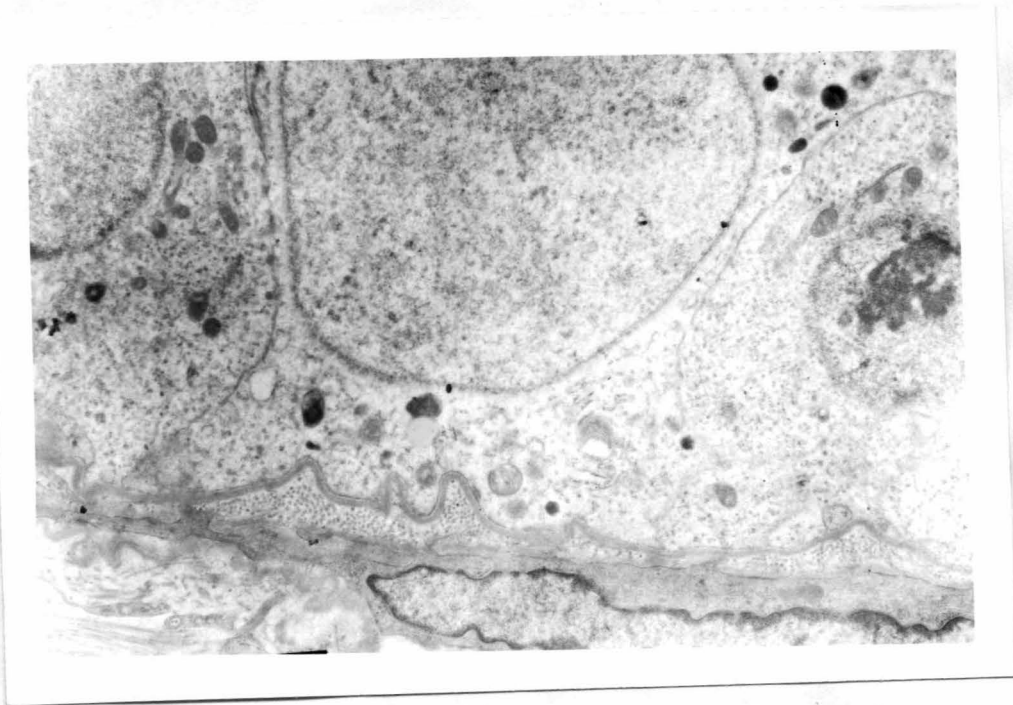
Behrens (1959) mengemukakan dengan teori fotokimianya bahwa kesembuhan dicapai dalam dua cara, yaitu yang pertama, bahan-bahan yang dibentuk secara fotokimia disatukan kembali ke dalam bahan-bahan aslinya oleh reaksi kimia yang reversibel. Fotokimia memberikan bermacam-macam reaksi. Kedua, secara fotokimia dibentuk hasil yang dilepaskan dari jaringan oleh alat mekanik, misalnya oleh

diffusi atau oleh sirkulasi yang disebut "washing away effect".

Hagen dan Sunar (dalam Claus, 1958) Yang menyimpulkan bahwa sisa luka (f) berkurang akibat suatu fungsi eksponensial dari waktu penyinaran pertama $f = e^{-\lambda t}$, di mana λ adalah kecepatan tetap setiap hari yang disebut kecepatan kesembuhan yang diperkirakan sebesar 8,2 % per hari. Pada kecepatan kesembuhan ini, waktu yang diperlukan untuk 50 % kesembuhan (RT_{50}) mencapai 8,5 hari. Hal ini, sesuai dengan hasil penelitian, yaitu terjadi kenaikan rata-rata jumlah anak mencit (F_1) yang dilahirkan dari perkawinan 20 hari pascairadiasi, baik dari kelompok mencit parental betina maupun dari kelompok mencit parental jantan yang diiradiasi seluruh tubuh dengan dosis 1 x 200 rad, 2 x 200 rad, dan 3 x 200 rad.

Pada pembesaran 4000 kali, 20 hari pascairadiasi dengan dosis 1 x 200 rad memperlihatkan gambaran sel serupa dengan gambaran sel yang tidak mendapat iradiasi.

(Gambar 41)



Gambar 41

Gambaran sel spermatogonia 20 hari pascairadiasi dengan dosis 1 x 200 rad (pembesaran 4000 x)

Iradiasi dengan dosis sebesar 2 X 200 rad akan mengakibatkan terjadinya bentuk malformasi dari akrosom sel spermatid yang terlihat sebagai vesikula, seperti inklusi pada bagian ujung dan ekuator dari akrosom. Hal ini akan terlihat 20 hari pascairadiasi (gambar 42).



Gambar 42

Gambaran bentuk malformasi dari akrosom sel spermatid yang terdiri dari vesikula pada bagian ujung dan ekuator dari akrosom 20 hari pascairadiasi dengan dosis 2×200 rad (pembesaran 20.000 x)