

Kerusakan Pada Organ Hewan Coba Mencit (*Mus Musculus*) dan Tikus (*Rattus Novergicus*) Akibat dari Efek Paparan Radiasi: A Review

Kadek Ayu Cintya Adelia¹, Mahdana²

Program Studi Fisika, Universitas Palangka Raya, Palangka Raya, Indonesia

Email korespondensi: lidyakadekayu@gmail.com

Abstrak

Pemanfaatan teknologi nuklir dapat meningkatkan kesejahteraan manusia seperti membantu penyembuhan berbagai jenis penyakit, namun radiasi yang digunakan juga memiliki dampak yang berbahaya apabila terkena paparan terus – menerus. Jenis hewan yang sering digunakan untuk penelitian yaitu Mencit (*Mus musculus*) dan Tikus (*Rattus Norvegicus*) karena kemiripan genetiknya dengan manusia, kemudahan pemeliharaan, reproduksi cepat, dan ketersediaan strain genetik yang luas. Dosis radiasi yang relatif rendah dapat menginduksi kerusakan genetik, serta memengaruhi struktur histologi organ. Organ yang paling rentan terhadap kerusakan akibat radiasi pada hewan adalah organ reproduksi, hepar dan ginjal. Paparan radiasi sinar – X dapat menurunkan motilitas sperma dan mempengaruhi struktur histologi testis, sehingga mempengaruhi fertilitas. Radiasi pengion seperti sinar gamma juga dapat menyebabkan kemandulan dan mempengaruhi kesuburan gonad pada hewan. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan pada *review* ini, sebagian besar menggunakan ekstrak tanaman untuk mengkaji efek dari pemberian ekstrak tersebut kepada hewan coba yang terkena paparan radiasi. Penelitian ini bertujuan untuk melihat dampak yang ditimbulkan akibat paparan radiasi pada berbagai organ dengan menggunakan hewan coba.

Masuk:

25 September 2024

Diterima:

29 September 2024

Diterbitkan:

30 September 2024

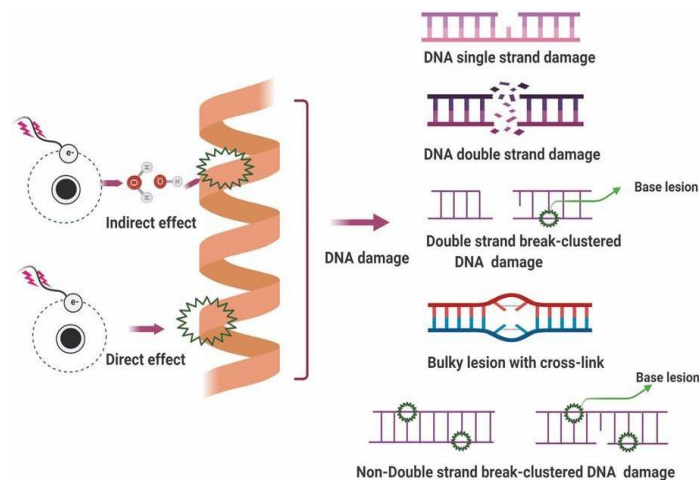
Kata kunci:

Paparan radiasi, mencit, tikus dan dosis.

1. Pendahuluan

Berkembangnya ilmu pengetahuan mengenai teknologi nuklir saat ini dapat dirasakan manfaatnya. Teknologi tersebut sudah merambah ke berbagai bidang kehidupan salah satunya bidang kesehatan. Dimana teknologi nuklir ini sudah menjadi kebutuhan diberbagai rumah sakit yang menyediakan pelayanan kedokteran nuklir dan juga radioterapi [1]. Radiodiagnostik merupakan ilmu radiologi yang digunakan untuk mendiagnosis penyakit dengan memanfaatkan radiasi [2]. Salah satu manfaat teknologi radiasi dibidang medis adalah penggunaan sinar – X dengan memperlihatkan hasil citra dibagian tubuh pasien yang mengalami kelainan [3]. Dari paparan radiasi tersebut dapat menginduksi kerusakan sel dan subelular pada organisme.

Selain bermanfaat dalam proses penyembuhan penyakit, ternyata radiasi yang dihasilkan dari nuklir juga memiliki dampak berbahaya bagi manusia, hewan serta lingkungan sekitar [1]. Seperti radiasi pada sinar gamma yang memiliki potensi dalam memicu kerusakan DNA sel limfosit. Sel limfosit darah tepi merupakan sel yang paling sensitif terhadap radiasi sehingga mudah mengalami kerusakan [3]. Kerusakan DNA akibat paparan radiasi dapat berupa perubahan struktur molekul gula atau basa, pembentukan dimer, putusnya ikatan hidrogen antar basa, dan hilangnya gugus gula atau basa pada DNA. Kerusakan DNA lebih parah dapat berupa putusnya salah satu untai DNA disebut single strand break (SBB) dan putusnya kedua untai DNA pada posisi berhadapan disebut double strand break (DSB) [4].



Gambar 1. Jenis utama kerusakan DNA dengan definisi diferensial kerusakan berbasis kerusakan untai ganda dan kerusakan DNA berkerumun berbasis non untai ganda [5]

Pada dasarnya radiasi adalah suatu cara perambatan energi dari sumber energi ke lingkungannya tanpa membutuhkan medium tertentu seperti perambatan panas, cahaya dan gelombang radio. Jenis radiasi gamma dan sinar - X biasanya hanya ditemukan ditempat tertentu seperti rumah sakit. Namun terdapat radiasi yang sering sekali ditemui di kehidupan sehari-hari, radiasi tersebut bersumber dari gelombang radio, sinyal televisi dan juga handphone. Masing-masing dari radiasi tersebut memiliki frekuensi spektrum yang berbeda-beda. Paparan radiasi yang dipancarkan oleh handphone pada saat *standby* maupun pada saat berbicara tergantung dari besarnya daya persatuan luas (kerapatan daya) yang dipancarkan oleh handphone yang digunakan [6].

Tabel 1. Rentang Frekuensi Spektrum Gel. Elektromagnetik [6]

Spektrum	Frekuensi (Hz)
Sinar Gamma	$10^{19} - 10^{25}$
Sinar - X	$10^{16} - 10^{20}$
Sinar Ultraviolet	$10^{15} - 10^{18}$
Sinar Tampak	$4 \times 10^{14} - 7,5 \times 10^{14}$
Sinar Infra Merah	$10^{11} - 10^{14}$
Gelombang Radio	$10^4 - 10^{12}$

Beberapa penelitian terkait radiasi, para peneliti menggunakan hewan percobaan sebagai sampel mereka. Penggunaan hewan coba dalam suatu penelitian memerlukan pengetahuan dan keterampilan yang memadai berkaitan dengan berbagai aspek tentang sarana biologis dalam hal pemanfaatan hewan coba laboratorium [7]. Salah satu hewan yang sering digunakan yaitu mencit (*Mus musculus*). Mencit (*Mus musculus*) merupakan hewan mamalia yang mempunyai ciri fisiologi dan biokimia yang hampir menyerupai manusia [8]. Selain mencit (*Mus musculus*), terdapat hewan coba lain yaitu tikus putih (*Rattus Norvegicus*). Tikus putih (*Rattus Norvegicus*) banyak juga digunakan sebagai hewan percobaan karena hewan ini mudah diperoleh dalam jumlah yang banyak, mempunyai respon yang cepat, dan memberi gambaran secara ilmiah yang mungkin terjadi pada manusia [9]. Dengan memahami properti dan perilaku hewan coba, para peneliti dapat mengeksplorasi mekanisme biologi dasar dan mengembangkan pengetahuan yang dapat diterapkan pada pemahaman dan penanganan berbagai kondisi medis pada manusia.

Dalam artikel review ini akan dibahas terkait paparan radiasi pada hewan percobaan yaitu mencit (*Mus musculus*) dan tikus putih (*Rattus Norvegicus*), dengan menggunakan berbagai jenis radiasi seperti, radiasi gamma, sinar - X dan radiasi handphone.

2. Metode Penelitian

Pengumpulan data yang digunakan sebagai bahan *review* jurnal menggunakan teknik studi pustaka. Studi pustaka merupakan teknik pengumpulan literatur – literatur ilmiah baik primer maupun sekunder. Pustaka primer yang dimaksud mencakup jurnal – jurnal terkait serta pustaka sekunder sebagai pustaka pendukung yang didapatkan dari buku – buku acuan. Untuk pencarian jurnal dan pengumpulan data digunakan instrumen pencarian jurnal baik nasional maupun internasional dengan situs web diantaranya Google Scholar, Elsevier, dan ResearchGate.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada pengumpulan data dalam review jurnal kali ini diambil 10 jenis jurnal dengan organ yang berbeda, hal ini dimaksudkan agar dapat memberikan gambaran bagaimana dampak kerusakan pada setiap organ tubuh yang terpapar radiasi, artikel jurnal yang dipilih dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi paparan berbagai radiasi pada organ hewan

No	Hewan Percobaan	Jenis Radiasi	Bahan Ekstrak	Organ	Judul Artikel
1	Tikus betina (<i>Rattus Norvegicus</i>)	Radiasi ponsel (1800 MHz)	-	Reproduksi (aktivitas ovarium dan uterus)	“Mobile phone (1800 MHz) radiation impairs female reproduction in mice, Mus musculus, through stress induced inhibition of ovarian and uterine activity (Shahin et al., 2017)
2	Mencit jantan (<i>Mus musculus</i>)	Radiasi sinar - X (200 rad)	-	Reproduksi (<i>Spermatozoa</i>)	Kualitas Spermatozoa Mencit yang Terpapar Radiasi Sinar-X Secara Berulang (Wayan Sudatri et al., 2015)
3	Mencit jantan (<i>Mus musculus</i>)	Radiasi gamma	Ekstrak temulawak (<i>Curcuma Xanthorrhiza</i>) (3,8 gr/kg BB)	Hepar	Effect of Gamma Radiation and Curcuma xanthorrhiza Extract Capsules on Damage Mus musculus Liver Cells (Kurniasari & Hentihu, 2022)
4	Mencit jantan (<i>Mus musculus</i>)	Radiasi gamma (100 rad)	Ekstrak kecambah kacang hijau (<i>Phaseolus radiatus</i>) (1mL/kg BB)	Reproduksi (Gonad)	Efek Paparan Radiasi Gamma dan Pemberian Ekstrak Kecambah Kacang Hijau (<i>Phaseolus radiatus</i>) terhadap Tingkat Kesuburan Gonad Hewan Mencit (Kamlasi & Juswono, 2014)
5	Mencit jantan (<i>Mus musculus</i>)	Radiasi gamma (400 rad)	Ekstrak bagian putih buah semangka (<i>Citrullus vulgaris</i> Schrad) (1,2 ml)	Ginjal	Pengaruh Paparan Radiasi Gamma Dan Pemberian Ekstrak Bagian Putih Buah Semangka (<i>Citrullus vulgaris</i> Schrad)

					Terhadap Kesehatan Ginjal Pada Hewan Coba Mencit (Donuata et al., 2014)
6	Mencit jantan (<i>Mus musculus</i>)	Radiasi gamma (337 μ Sv)	Ekstrak manggis kulit (<i>Garcinia Mangostana</i>) (4,9 mg)	Hepar	Pengaruh Paparan Radiasi Gamma dan Pemberian Ekstrak Kulit Manggis (<i>Garcinia Mangostana</i>) terhadap Kadar SGPT Organ Hepar Mencit (<i>Mus Musculus</i>) (Adelia et al., 2021)
7	Mencit (<i>Mus musculus</i>)	Radiasi gamma (3 Gy)	-	Sel darah putih	Survival of White Blood Cells of Mice (<i>Mus Musculus</i> L) Against Adaptation Dose of Gamma Co-60 Radiation (Sutapa et al., 2021)
8	Tikus putih (<i>Rattus Norvegicus</i>)	Radiasi Gamma (10Gy)	-	Otak	Effect of the Radiation of Gamma Rays on Caspase-3 Expression in Rattus, (Bayhaqi et al., 2015)
9	Mencit jantan (<i>Mus musculus</i>)	Radiasi gamma	Ekstrak temulawak (<i>curcuma xanthorrhiza</i>)	Hepar	Efek Paparan Radiasi Gamma dan Pemberian Ekstrak Temulawak (<i>Curcuma xanthorrhiza</i>) terhadap Pelebaran Vena Centralis Hepar Mencit (<i>Mus musculus</i>) (S. K. Sari et al., 2018)
10	Mencit (<i>Mus musculus</i>)	Radiasi gamma (3Gy)	-	Sel darah putih	Survival of White Blood Cells of Mice (<i>Mus Musculus</i> L) Against Adaptation Dose of Gamma Co-60 Radiation (Sutapa et al., 2020)

Pada penelitian yang pertama peneliti menggunakan hewan tikus betina sebagai hewan uji coba menggunakan radiasi dari ponsel (1800 MHz). Peneliti menggunakan 48 ekor tikus betina dengan membaginya pada empat kelompok (kontrol, panggilan (D), penerimaan (R), dan siaga (SB)). Tikus kelompok kontrol menjadi sasaran dalam pengaturan paparan radiasi ponsel dalam kondisi “dimatikan”. Tikus kelompok (D), melakukan panggilan pada ponsel kelompok (R) dan hanya sinyal panggilan (bukan sinyal ucapan). Sinyal panggilan pada ponsel kelompok (R) diterima sehingga hewan kelompok (D) dan (R) dalam kondisi konektivitas terus – menerus selama 11/2 jam, kemudian setelah jeda singkat (~10 – 15 detik) panggilan kembali dilakukan. Tikus kelompok (SB) diletakkan dibawah ponsel yang “dinyalakan” (ponsel tetap dalam mode aktif) terus menerus selama 3 jam. Tikus tersebut dipaparkan radiasi ponsel non – termal (untuk tubuh secara keseluruhan) terus menerus selama empat bulan (3 jam/hari selama 120 hari). Untuk melihat perubahan parameter stres pada jaringan sentral

(hipotalamus) dan perifer (ovarium dan rahim serta memantau kadar serum LH dan FSH (gonadotropin hipofisis), memeriksa aktivitas ekspresi, pola protein steroidogenik, enzim diovarium dan reseptor steroid (ER α dan β) di ovarium dan rahim, serta kadar steroid serum. Secara keseluruhan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa paparan ponsel dalam jangka panjang menyebabkan perubahan morfologi, histoarsitektur, dan aktivitas ovarium dan uterus. Ovarium tikus yang diberi radiasi dengan ponsel menunjukkan lebih sedikit jumlah folikel atretik/degeneratif. Meskipun perubahan nyata diamati pada ketiga kelompok eksperimen, efeknya lebih nyata dan parah pada kasus tikus kelompok R dan SB [10].

Penelitian yang kedua dilakukan oleh [11] dengan menggunakan 32 ekor mencit jantan yang terbagi ke dalam tiga kelompok (masing-masing delapan ekor) diradiasi, sedangkan delapan ekor mencit lainnya berperan sebagai kontrol. Kelompok pertama diradiasi dengan sinar-x dosis 1×200 rad (P1), kelompok kedua diradiasi dengan dosis 2×200 rad (P2), kelompok ketiga diradiasi dengan dosis 3×200 rad (P3), dan kelompok keempat sebagai kontrol (K). Sehari setelah perlakuan, mencit jantan pada masing-masing kelompok nyawanya dikorbankan dengan cara dieuthanisia dengan cara dislokasi leher. Setelah mencit tiada, kadaver mencit tersebut dibedah. Spermatozoa diambil dari cauda epididimis. Cauda epididimis diletakkan di cawan petri yang telah berisi 2 mL NaCl 0,9%. Dari hasil penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa pemaparan radiasi sinar - X sangat berpengaruh terhadap penurunan kualitas spermatozoa mencit. Penurunan kualitas spermatozoa semakin meningkat pada hewan yang mendapat radiasi sinar - X yang dilakukan pemaparan secara berulang.

Penelitian ketiga dilakukan oleh [12] dengan menggunakan hewan coba mencit berjenis kelamin jantan sebanyak 80 ekor serta menggunakan ekstrak temulawak. Yang kemudian masing - masing dibagi kedalam kelompok tanpa radiasi dan ekstrak, kelompok gamma tanpa ekstrak dan kelompok yang diberikan ekstrak kemudian diradiasi. Lama paparan radiasi diberikan selama 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, dan 50 menit. Sedangkan kapsul ekstrak temulawak diberikan dengan 5 variasi dosis yaitu 1,4 gr/kg BB; 2,0 gr/kg BB; 2,6 gr/kg BB; 3,2 gr/kg BB dan 3,8gr/kg BB. Satu kapsul ekstrak temulawak mengandung 2500 mg curcumin. Ekstrak temulawak diberikan satu kali dalam sehari selama 10 sehari sebelum diradiasi dengan cara dicekakkan ke mencit menggunakan sonde lambung. Sumber radioaktif yang digunakan antara lain Co - 60, Am - 241, Cs - 137, Na - 23, dan Sr - 90. Sumber radioaktif tersebut ditempatkan pada wadah berbentuk setengah lingkaran dan terdapat lubang guna memasukkan sumber radioaktif, sehingga paparan radiasi gamma dapat tepat mengenai mencit. Dari hasil penelitian tersebut menunjukkan Semakin lama paparan radiasi gamma, maka semakin besar persentase kerusakan selnya. Pada paparan radiasi selama 10 menit, kerusakan selnya mencapai 28,7%. Kenaikan persentase kerusakan sel juga terjadi ketika mencit terpapar radiasi gamma selama 20 menit, yaitu sebesar 41,8%. Pada paparan radiasi gamma selama 30 menit, kerusakan selnya mencapai 53,4% dan kenaikan kerusakan sel ketika terpapar radiasi gamma selama 40 menit dan 50 menit, yaitu berturut-turut sebesar 56,7% dan 57,9%. Dari hasil tersebut, maka mencit yang akan diberi ekstrak temulawak diambil pada radiasi 30 menit. Pada mencit kontrol (normal) vena centralis berbentuk oval. Susunan sel hepatosit dan sinusoid teratur. Akan tetapi semakin lama paparan radiasi gamma, menyebabkan vena centralis dan sinusoid, mengalami pelebaran, bahkan bentuknya semakin tidak teratur. Dosis kapsul ekstrak temulawak yang diberikan sebagai pencegahan dari efek radiasi gamma mampu mengurangi tingkat kerusakan sel hepar mencit dari 53,4% menjadi 24,5%, dengan dosis efektifnya adalah 3,8 gr/kg BB. Kapsul ekstrak temulawak mengandung senyawa bioaktif kurkumin yang mampu menghambat pembentukan radikal bebas akibat radiasi gamma pada hepar mencit.

Kemudian penelitian keempat dilakukan oleh [13] dengan menggunakan 75 ekor mencit jantan strain Balb/c yang berusia 6 - 8 minggu, serta pemberian ekstrak kecambah kacang hijau. Mencit tersebut dikelompokkan menjadi empat kelompok yaitu K (non radiasi dan non ekstrak), RNE (radiasi dan non ekstrak), dan R+E (diberi radiasi dan ekstrak). Perlakuan dengan radiasi diberikan lima variasi dosis yaitu 100 rad, 150 rad, 200 rad, 250 rad, dan 300 rad. Sedangkan pada perlakuan dengan ekstrak kecambah kacang hijau diberikan lima variasi dosis yaitu 0,2 mL/kgBB, 0,4 mL/kgBB, 0,6 mL/kgBB, 0,8 mL/kgBB, dan 1 mL/kgBB. Pemberian paparan radiasi dilakukan pada hari ke - 15 setelah pemberian ekstrak kecambah kacang hijau. Dari penelitian tersebut diperoleh bahwa radiasi sinar gamma mampu menurunkan tingkat kesuburan Gonad dengan penurunannya seiring bertambahnya dosis radiasi yang diberikan. Pemberian ekstrak kecambah kacang hijau mampu menekan penurunan dan mempertahankan tingkat kesuburan gonad akibat terkena paparan radiasi, dimana dosis ekstrak 1 mL/kgBB merupakan dosis yang paling efektif dari lima variasi dosis yang diberikan. Semakin tinggi dosis ekstrak kecambah kacang hijau yang diberikan maka senyawa aktif yang terkandung didalamnya juga semakin tinggi.

Penelitian kelima dilakukan oleh [14] yang bertujuan untuk mengetahui apakah pemberian ekstrak bagian putih semangka dapat meningkatkan kesehatan ginjal mencit yang dipapar radiasi gamma. Penelitian ini menggunakan mencit balb/c berjenis kelamin jantan yang berumur 3 bulan dengan berat badan rata - rata 35 gr sebanyak 155 ekor. Kemudian pemberian ekstrak bagian putih semangka dilakukan dengan menggunakan sonde lambung dengan cara dicekakkan ke

mencit sesuai dengan dosis yang ditentukan satu kali sehari selama 14 hari setelah mencit mendapat paparan radiasi. Perlakuan dengan radiasi diberikan lima variasi yakni 200 rad, 250 rad, 300 rad, 350 rad dan 400 rad. Dengan membagi mencit menjadi dua kelompok perlakuan, yaitu (I) kelompok yang tidak diberi ekstrak bagian putih semangka masing – masing 0,3 mL, 0,6 mL, 0,9 mL, dan 1,2 mL untuk setiap dosis radiasi. Dari penelitian tersebut dapat diketahui bahwa paparan radiasi gamma dapat menurunkan profil kesehatan ginjal mencit dilihat dari meningkatnya kadar epitel, eritrosit dan leukosit pada urin masing – masing dari 0,3; 3,2 dan 3,1 menjadi 22,7; 89,0 dan 43,6 setelah di paparkan radiasi dengan dosis 400 rad serta terjadi peningkatan nekrosis tubulus ginjal dari 4,821% menjadi 79,456% setelah mendapat paparan radiasi 400 rad. Pemberian ekstrak bagian putih buah semangka (*Citrullus vulgaris* schrad) dapat meningkatkan kesehatan ginjal yang terkena paparan radiasi dilihat dari berkurangnya kadar epitel, eritrosit dan leukosit pada urin masing – masing dari 22,7; 89,0 dan 43,6 menjadi 1,7; 13,2 dan 4,3 setelah pemberian 1,2 ml ekstrak bagian putih buah semangka. Ekstrak bagian putih buah semangka dapat digunakan sebagai terapi penunjang pada pasien yang mendapat terapi radiasi (radioterapi) karena memiliki kandungan antioksidan yang bermanfaat bagi kesehatan ginjal yang terkena paparan radiasi.

Selanjutnya pada penelitian keenam yang dilakukan oleh [15] dengan menggunakan 55 ekor mencit jantan dengan berat sekitar 18-20 gram. Mencit dikelompokkan menjadi 3 kelompok yaitu kelompok kontrol, kelompok radiasi dan kelompok radiasi dan pemberian ekstrak kulit manggis. Sumber radiasi dalam penelitian ini yaitu Cs-137, Am-241, Co-60 dan Na-22 sumber radiasi gamma tersebut kemudian diletakkan dalam tempat berbentuk setengah lingkaran yang terbuat dari kayu dan pada bagian tengah kayu terdapat lubang untuk menempatkan sumber radiasi. Kemudian mencit diletakkan di bawah sumber radiasi dan dibiarkan terpapar selama waktu yang ditentukan yaitu 10, 20, 30, 40 dan 50 menit. Ekstrak manggis diberikan pada mencit secara oral dengan menggunakan sonde lambung dengan dosis yang telah ditetapkan sebelumnya, satu kali sehari selama 14 hari. Ekstrak kulit manggis diberikan variasi dosis yaitu 2,9 mg, 3,4 mg, 3,9 mg, 4,4 mg dan 4,9 mg. Dosis paparan merupakan akumulasi dari sumber radioaktif yaitu 65,61 μ Sv untuk waktu 10 menit paparan, 131,23 μ Sv untuk waktu 20 menit paparan, 201 μ Sv untuk waktu 30 menit paparan, 268 μ Sv untuk waktu 40 menit paparan, 337 μ Sv untuk waktu 50 menit paparan. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa ekstrak kulit manggis memiliki sifat hepatoprotektif karena mampu mengurangi kerusakan organ hepar dilihat dari menurunnya kerusakan yang ditimbulkan dilihat dari gambaran mikroskopis yaitu dari 47,34 % menjadi 23,42 % dan kadar SGPT dari 128,67 menjadi 77,7 U/L.

Berdasarkan penelitian ketujuh yang dilakukan oleh [16] dengan menggunakan Teleterapi Co-60. Radiasi dilakukan dengan dosis adaptasi 0,1 Gy pada semua kelompok perlakuan kecuali kelompok kontrol. Dilanjutkan dengan dosis tantangan 3 Gy dengan interval waktu 0, 2, 3, 4 dan 5 jam. Setelah pelaksanaan penyinaran selesai dilanjutkan dengan pengambilan dan penghitungan jumlah leukosit beserta komponennya dengan mengambil sampel darah mencit melalui pembuluh darah vena pada mata. Darah dimasukkan ke dalam tabung EDTA hingga diperoleh $\pm 0,5$ cc dan darah dalam tabung dikocok agar darah dan EDTA tercampur rata. Sampel darah disedot dari tabung EDTA menggunakan pipet hemositometer. Larutan Turk juga disedot menggunakan pipet hemositometer. Ini adalah proses pengenceran dengan perbandingan sampel darah dengan larutan Turk adalah 1:50. Tujuannya untuk menghancurkan sel darah merah sehingga hanya leukosit yang terlihat di mikroskop. Kemudian hasil campuran darah dengan larutan turk dimasukkan ke dalam shaker selama 5 menit. Selanjutnya darah campuran tersebut dimasukkan ke dalam hemositometer. Jumlah leukosit diamati di bawah mikroskop dan dihitung dengan alat laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan jumlah leukosit pada tikus kelompok kontrol adalah $7,825 - 8,375 \times 10^3$ μ L. Kelangsungan hidup leukosit, komponen neutrofil, dan limfosit memberikan gambaran dan respon yang jelas terhadap perkembangan sel dari hari ke hari dan penambahan interval waktu AD dengan CD menunjukkan peningkatan kuantitas leukosit, komponen neutrofil, dan limfosit setelah Co - 60 radiasi gamma. Gambaran kelangsungan hidup sel sangat penting dalam menentukan metode radioterapi dosis rendah atau adaptasi dosis.

Penelitian yang kedelapan dilakukan oleh [17] dengan menggunakan tikus putih (*Rattus Norvegicus*) berjenis kelamin jantan sebanyak 27 ekor. Dimana masing – masing kelompok perlakuan menggunakan 9 ekor hewan coba kelompok (I) tanpa pemaparan radiasi, kelompok (II) radiasi dosis tunggal 10 Gy (1×10 Gy) dan kelompok (III) radiasi fraksinasi dengan jumlah dosis 10 Gy (5×2 Gy). Dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa pemberian radiasi sinar gamma kobalt – 60, baik dosis tunggal 10 Gy (1×10 Gy) dan dosis fraksinasi 10 Gy (5×2 Gy) pada sel otak normal *Rattus norvegicus* varian wistar jantan mengekspresikan caspase – 3 dengan jumlah yang lebih banyak dibanding sel otak kontrol (tidak diberi radiasi) Pemberian radiasi sinar gamma dosis tunggal 10 Gy (1×10 Gy). dapat menyebabkan peningkatan persentase ekspresi caspase-3 pada sel otak yang lebih tinggi daripada pemberian radiasi sinar gamma dosis fraksinasi 10 Gy (5×2 Gy).

Penelitian yang kesembilan dilakukan oleh [18] dengan menggunakan 80 ekor mencit jantan strain Balb/c, umur 6-8 minggu dengan berat badan rata-rata 18 – 20 gram. Mencit tersebut dikelompokkan menjadi 3 kelompok yaitu K- (tanpa

radiasi dan ekstrak), R- (radiasi tanpa ekstrak) dan R+ (diberi ekstrak kemudian diradiasi). Lamanya paparan radiasi diberikan selama 10 menit dengan besar dosis radiasi adalah $379,45 \times 10^{-5}$ rad, 20 menit ($758,90 \times 10^{-5}$ rad), 30 menit ($1138,35 \times 10^{-5}$ rad), 40 menit ($1517,80 \times 10^{-5}$ rad) dan 50 menit ($1897,24 \times 10^{-5}$ rad), sedangkan pada perlakuan dengan ekstrak temulawak diberikan lima variasi dosis yaitu 1,4 gr/kg BB; 2,0 gr/kg BB; 2,6 gr/kg BB; 3,2 gr/kg BB dan 3,8 gr/kg BB. Satu kapsul ekstrak temulawak mengandung 2500 mg curcumin. Ekstrak temulawak diberikan satu kali dalam sehari selama 10 hari sebelum mencit diradiasi dengan cara dicekokkan ke mencit menggunakan sonde lambung. Paparan radiasi diberikan menggunakan sumber radioaktif Co - 60, Am - 241, Cs - 137, Na - 23 dan Sr - 90. Sumber radioaktif tersebut ditempatkan pada suatu wadah berbentuk setengah lingkaran dan terdapat lubang untuk memasukkan sumber radioaktif, sehingga paparan radiasi gamma dapat tepat mengenai mencit. Di sekitar daerah paparan radiasi, digunakan 3 lapis timbal yang berfungsi untuk proteksi radiasi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh bahwa ekstrak temulawak yang diberikan sebagai pencegahan dari efek radiasi gamma mampu menurunkan luas vena centralis dari $129424 \mu\text{m}^2$ menjadi $12941 \mu\text{m}^2$. Rusaknya sel hepar disebabkan karena adanya radikal bebas. Radikal bebas tersebut menyebabkan pelebaran vena centralis. Ekstrak temulawak mengandung senyawa bioaktif kurkumin yang mampu menghambat pembentukan radikal bebas akibat radiasi gamma pada hepar mencit.

Penelitian yang terakhir dilakukan oleh [19] dengan menggunakan hewan coba mencit. Pada proses penyinaran dengan pemberian beberapa dosis adaptasi dimulai dari 0,05 Gy; 0,1 Gy dan 0,15 Gy pada semua kelompok mencit kecuali kelompok kontrol dan langsung diberikan dosis tantangan sebesar 3 Gy. Setelah pelaksanaan penyinaran selesai dilanjutkan dengan pengambilan dan penghitungan jumlah sel darah putih (leukosit) beserta komponennya dengan cara mengambil sampel darah mencit melalui pembuluh darah vena pada mata. Darah dimasukkan ke dalam tabung EDTA hingga diperoleh $\pm 0,5$ cc dan darah dalam tabung dikocok agar darah dan EDTA tercampur rata. Sampel darah disedot dari tabung EDTA menggunakan pipet hemositometer. Larutan Turk juga disedot menggunakan pipet hemositometer. Ini adalah proses pengenceran dengan perbandingan sampel darah dengan larutan Turk adalah 1:50. Tujuannya untuk menghancurkan sel darah merah sehingga hanya leukosit yang terlihat di mikroskop. Kemudian hasil campuran darah dengan larutan turk dimasukkan ke dalam shaker selama 5 menit. Selanjutnya darah campuran tersebut dimasukkan ke dalam hemositometer. Hasil dari penelitian bahwa kelangsungan hidup sel leukosit, neutrofil, dan komponen limfosit memberikan gambaran yang jelas tentang perkembangan sel dari hari ke hari setelah pengobatan adaptasi dosis radiasi gamma Co-60. Gambaran kelangsungan hidup sel sangat diperlukan dalam menentukan metode radioterapi yang menekankan pada dosis rendah atau adaptasi dosis [20].

4. Kesimpulan

Berdasarkan review yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa, sebagian besar dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin lama paparan radiasi, maka semakin tinggi tingkat kerusakan pada organ hewan coba. Dosis radiasi yang relatif rendah dapat menginduksi kerusakan genetik dan kanker, serta mempengaruhi struktur histologi organ seperti hepar pada mencit. Radiasi pengion seperti sinar gamma dapat menyebabkan kemandulan dan mempengaruhi kesuburan gonad pada hewan. Mekanisme pertahanan sel terhadap radikal bebas melibatkan antioksidan, yang diperlukan untuk mengatasi efek samping akibat paparan radiasi. Dari beberapa penelitian diatas ada yang menggunakan ekstrak tanaman untuk mengkaji efek dari pemberian ekstrak tersebut.

Daftar Pustaka

- [1] D. A. Budi Muhamad, E. Hidayanto, and D. Very Richardina, "Analisis Pengaruh Dosis Radiasi Eksternal Akumulasi Dosis yang Diterima Petugas Radiasi di Ruang Penyinaran Radioterapi RSUP dr.Hasan Sadikin Bandung," *Youngster Phys.J.*, vol. 07, no. 2, pp. 108-116, 2018.
- [2] C. Ancila and E. Hidayanto, "Analisis Dosis Paparan Radiasi Pada Instalasi Radiologi Dental Panoramik," *Youngster Phys.J.*, vol. 5, no. 4, pp. 441-450, 2016.
- [3] T. Kisnanto, Darlina, and T. Rahardjo, "Pengaruh radiasi pengion terhadap kerusakan DNA pada sel limfosit pekerja medis dengan menggunakan uji komet," *A Sci. J. Appl. Isot. Radiat.*, vol. 14, no. 2, pp. 125-132, 2018.
- [4] I. N. Astiti, Y. U. Anggraito, and M. Syaifudin, "Analisis Tingkat Kerusakan DNA pada Sel Limfosit Perokok dan Non Perokok Akibat Paparan Radiasi Gamma dengan Teknik Comet Assay," *Life Sci.*, vol. 7, no. 1, pp. 16-23, 2018.
- [5] I. Hasan and H. M. Djakaria, "Kematian Sel Akibat Radiasi," *J. Indones. Radiat. Oncol. Soc. Radioter.*, vol. 44, no. 2, pp. 39-46, 2013.
- [6] S. Hutauruk, "Kewaspadaan Terhadap Paparan Radiasi Handphone Bagi Manusia," *Proseiding Semin. Nas. Pendidik. Lingkungan. Hidup dan Kesehat. Lingkungan*, pp. 1-9, 2011.

- [7] P. R. Intan and Khariri, "Pemanfaatan Hewan Laboratorium Yang Sesuai untuk Pengujian Obat dan Vaksin," *Pros. Semin. Nas. Biol. di Era Pandemi COVID-19*, vol. 6, no. 1, pp. 48–53, 2020.
- [8] C. N. Mutiarahmi, T. Hartady, and R. Lesmana, "Use of Mice As Experimental Animals in Laboratories That Refer To the Principles of Animal Welfare: a Literature Review," *Indones. Med. Veterinus*, vol. 10, no. 1, pp. 134–145, 2021, doi: 10.19087/imv.2020.10.1.134.
- [9] N. L. Qodriyati, E. Sulistyani, and B. Yuwono, "Kadar Serum Glutamic Oxaloacetic Transaminase (SGOT) pada Tikus Wistar (*Rattus norvegicus*) Jantan yang Dipapar Stresor Rasa Sakit Electrical Foot Shock selama 28 Hari," *e-Jurnal Pustaka Kesehat.*, vol. 4, no. 1, pp. 73–77, 2016.
- [10] S. Shahin, S. P. Singh, and C. M. Chaturvedi, "Mobile phone (1800 MHz) radiation impairs female reproduction in mice, *Mus musculus*, through stress induced inhibition of ovarian and uterine activity," *Reprod. Toxicol.*, vol. 73, pp. 41–60, 2017, doi: 10.1016/j.reprotox.2017.08.001.
- [11] N. Wayan Sudatri *et al.*, "Kualitas Spermatozoa Mencit yang Terpapar Radiasi Sinar-X Secara Berulang (SPERMATOZOA QUALITY OF MICE EXPOSED TO X-RAYS RADIATION IN REPEATED)," *J. Vct.*, vol. 16, no. 1, pp. 56–61, 2015.
- [12] S. Kurniasari and F. K. Hentihu, "Effect of Gamma Radiation and Curcuma xanthorrhiza Extract Capsules on Damage *Mus musculus* Liver Cells," *J. Pharmasci (Journal Pharm. Sci.)*, vol. 7, no. 2, pp. 77–83, 2022, doi: 10.53342/pharmasci.v7i2.281.
- [13] F. Kamiasi and U. P. Juswono, "Efek Paparan Radiasi Gamma dan Pemberian Ekstrak Kecambah Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus*) terhadap Tingkat Kesuburan Gonad Hewan Mencit," *Nat. B*, vol. 2, no. 4, pp. 380–386, 2014.
- [14] P. B. Donuata, M. Rifa, and U. P. Juswono, "Pengaruh Paparan Radiasi Gamma Dan Pemberian Ekstrak Bagian Putih Buah Semangka (*Citrullus vulgaris* Schrad) Terhadap Kesehatan Ginjal Pada Hewan Coba Mencit," *Nat. B*, vol. 2, no. 4, pp. 387–395, 2014.
- [15] K. A. C. Adelia, W. M. Maubana, Y. Boimau, K. Uskenat, and H. F. Lipikuni, "Pengaruh Paparan Radiasi Gamma dan Pemberian Ekstrak Kulit Manggis (*Garcinia Mangostana*) terhadap Kadar SGPT Organ Hepar Mencit (*Mus Musculus*)," *Diffraction*, vol. 2, no. 2, pp. 74–79, 2021, doi: 10.37058/diffraction.v2i2.2436.
- [16] G. N. Sutapa, N. N. Ratini, N. K. N. Anggarani, and I. G. A. Kasmawan, "Survival of white blood cells of mice (*Mus musculus* L) on interval AD with CD post gamma radiation Co-60," *Int. J. Heal. Med. Sci.*, vol. 4, no. 4, pp. 384–390, 2021, doi: 10.21744/ijhms.v4n4.1786.
- [17] A. Bayhaqi, N. Alam, M. Rahayu, A. Zaki, and S. Islani, "Effect of the Radiation of Gamma Rays on Caspase-3 Expression in *Rattus*," pp. 72–79, 2015.
- [18] S. K. Sari, C. S. Widodo, and U. P. Juswono, "Efek Paparan Radiasi Gamma dan Pemberian Ekstrak Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*) terhadap Pelebaran Vena Centralis Hepar Mencit (*Mus musculus*)," vol. 5, no. 2, pp. 203–210, 2018.
- [19] G. N. Sutapa, N. L. P. Trisnawati, and ..., "Survival of White Blood Cells of Mice (*Mus Musculus* L) Against Adaptation Dose of Gamma Co-60 Radiation," *...J. Eng. IT ...*, vol. 6, no. 6, pp. 31–36, 2020, [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/353815020.pdf>
- [20] S. Nurhayati and Y. Lusiyanti, "Apoptosis dan respon biologik sel sebagai factor prognosis," *Iptek Ilm. Pop.*, vol. 7, no. 3, pp. 57–66, 2014.