

Analisis faktor risiko paparan radiasi sinar-x terhadap perubahan jumlah limfosit pada radiografer di kota Palembang

Ernawidiarti¹, Tan Malaka², Novrikasari³

¹Program Studi S2 Ilmu Kesehatan Masyarakat, Universitas Sriwijaya, Palembang

²Departemen IKM-IKK, Fakultas Kedokteran, Universitas Sriwijaya, Palembang

³Fakultas Kesehatan masyarakat, Universitas Sriwijaya, Palembang

cernawidiarti2014@yahoo.com

Abstrak

Radiasi pengion merupakan salah satu sumber bahaya yang ada di rumah sakit yang harus diidentifikasi untuk menentukan tingkat risiko sebagai tolok ukur kemungkinan terjadinya kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Sejumlah komponen biologi akan mengalami perubahan setelah pajanan radiasi. Indikator hematopoitik yang umum digunakan sebagai indikasi pajanan radiasi adalah hitung limfosit. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis hubungan dosis radiasi dan faktor karakteristik (jenis kelamin, usia, lama kerja, beban kerja, merokok, riwayat pekerjaan), dan kebiasaan dalam menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) akibat paparan radiasi sinar-X terhadap perubahan jumlah limfosit pada radiografer di Kota Palembang. Penelitian ini adalah cross sectional analitik yang dilaksanakan pada bulan Mei 2016. Subjek penelitian adalah seluruh radiografer dengan masa kerja minimal 1 tahun yang diambil dengan metode purposive sampling. Data didapat melalui metode wawancara, observasi, pemeriksaan sampel darah di laboratorium. Berdasarkan hasil uji t, korelasi dan uji regresi linier berganda, dan pengujian hipotesis dapat disimpulkan bahwa hanya variabel dosis radiasi dan beban kerja yang signifikan berpengaruh pada penurunan jumlah limfosit ($p < 0,000 < 0,05$). Nilai koefisien korelasi (R) yang diperoleh adalah 0,632 artinya hubungan antara variabel bebas terhadap variabel terikat secara bersama-sama positif, kuat dan memiliki hubungan. Sementara nilai koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh adalah 0,399 artinya variasi perubahan nilai variabel terikat (limfosit) dapat dijelaskan oleh variabel bebas (dosis radiasi dan beban kerja) secara bersama-sama (simultan) sebesar 39,9 %.

Kata kunci: paparan radiasi sinar-X, limfosit, radiografer, cross sectional.

Abstract

Analysis of risk factors for x-ray radiation exposure to changes in lymphocyte counts on radiographers in Palembang. Ionizing radiation is one source of hazard in hospitals should be identified to determine the level of risk, that is a measure of the likelihood of accidents and occupational diseases. A number of biological components will undergo changes after exposure to radiation, indicators of hematopoietic is commonly used as an indication of radiation exposure is a lymphocyte count. This study was conducted to analyze the relationship between radiation dose and factors karakteristik (gender, age, length of work, workload, smoking, occupational history), and the habit of using Personal Protective Equipment (PPE) due to of exposure X-ray radiation for changes in lymphocyte counts at radiographers in Palembang. This study was an analytical cross sectional design, conducted in May 2016. The subjects are all radiographers shift and non-shift with a minimum term of one year from the beginning to come to work until the study was conducted in Palembang and taken with purposive sampling method. The study was conducted by methods of interviewing, observing, examination of blood samples in the laboratory and using instruments check list to tool analysis. The results were analyzed by statistical t-test, correlation and multiple linear regression. Based on the overall results of the statistical analysis t-test, correlation and multiple regression analysis, and hypothesis testing, can be concluded that variables radiation dose and workload have a significant affects to the decrease the number of lymphocytes ($p < 0.000 < 0.05$). The correlation coefficient (R) obtained 0.632 it is means that the relationship between the independent variable on the dependent variable is jointly positive, strong and have a relationship. The coefficient of determination (R^2) obtained 0.399 it is means that variations in the value changes dependent variable (lymphocytes) can be explained by the independent variable (the radiation dose and the workload) together (simultaneously) at 39.9%.

Key words: X-ray radiation exposure, lymphocyte, radiographer, cross sectional

1. Pendahuluan

Radiasi pengion merupakan salah satu sumber bahaya yang ada di rumah sakit yang harus diidentifikasi untuk menentukan tingkat risiko yang merupakan tolok ukur kemungkinan terjadinya kecelakaan dan penyakit akibat kerja.¹ Radiasi pengion adalah setiap radiasi yang mampu menghasilkan ion oleh interaksi dengan materi seperti sel pada tubuh manusia. Sumber radiasi pengion dapat ditemukan dalam berbagai pengaturan kerja, seperti fasilitas perawatan kesehatan, lembaga penelitian, reaktor nuklir, fasilitas produksi senjata nuklir, dan lain lain. Ionisasi adalah proses dimana atom dibuat menjadi ion oleh penghapusan atau penambahan satu atau lebih elektron, yang menghasilkan efek.²

Sejumlah komponen biologi akan mengalami perubahan setelah pajanan radiasi, indikator hematopoitik (pembentukan dan perkembangan sel-sel darah) yang umum digunakan sebagai indikasi pajanan radiasi adalah hitung limfosit.³

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara dosis radiasi dan faktor karakteristik (jenis kelamin, usia, lama kerja, beban kerja, merokok, riwayat pekerjaan), dan kebiasaan dalam menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) akibat paparan radiasi sinar-X terhadap perubahan jumlah limfosit pada radiografer di Kota Palembang. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tambahan tentang hubungan dosis radiasi, faktor karakteristik radiografer dan kebiasaan menggunakan APD akibat paparan radiasi sinar-X dengan perubahan jumlah limfosit dan sebagai pertimbangan bagi pemegang kebijakan dan pimpinan rumah sakit dalam mengambil kebijakan dan keputusan khususnya dalam bidang Radiasi pengion yang dimanfaatkan dalam bidang kesehatan.

2. Metode

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan *Analytic Cross Sectional Study* yang bertujuan untuk mengetahui hubungan antara variabel

bebas : dosis radiasi, karakteristik responden (jenis kelamin, usia, lama kerja, beban kerja, merokok, riwayat pekerjaan), dan kebiasaan menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) terhadap variabel terikat (limfosit) yang dikumpulkan pada waktu bersamaan. Penelitian dilakukan pada 87 orang radiografer yang ada di Kota Palembang. Populasi penelitian adalah seluruh Radiografer shift dan non shift dengan masa kerja minimal 1 tahun sejak awal masuk kerja sampai penelitian ini dilakukan di Kotamadya Palembang yang diambil dengan menggunakan metode *puposive sampling*. Data primer diperoleh dari sampel pada saat penelitian mencakup umur, jenis kelamin, Riwayat Pekerjaan, data hasil pengukuran jumlah limfosit, Lama Kerja, riwayat merokok dan perbedaan penggunaan APD. Data sekunder digunakan untuk mendukung penelitian yang mencakup data dosis radiasi pekerja yang didapatkan dari dokumen rekaman TLD, Beban Kerja yang didapatkan dari jumlah kunjungan pasien ke Radiologi dalam 6 (enam) bulan berdasarkan jadwal jaga dan/atau *logbook* radiografer.

Analisis data dilakukan dengan menggunakan uji statistik uji t, korelasi dan regresi linier ganda dengan derajat kepercayaan 95% untuk menganalisis hubungan paparan radiasi sinar-X terhadap perubahan jumlah limfosit pada radiografer di Kota Palembang.

3. Hasil

Tabel 1. menunjukkan bahwa rerata responden berumur 31,45 tahun, dengan umur minimal 23 tahun dan umur maksimal 48 tahun. Rerata limfosit, dosis radiasi, lama kerja dan beban kerja secara berturut – turut yaitu rerata limfosit sebesar $33,93 \pm 6,52$, dosis radiasi $0,175 \pm 0,214$, lama kerja $6,863 \pm 5,032$ dan beban kerja $725,87 \pm 316,43$. Distribusi frekuensi berdasarkan jenis kelamin sebagian responden berjenis kelamin perempuan (58,6%), riwayat kerja 95,4% tidak bekerja pada rumah sakit/klinik lain, sebagian besar responden tidak merokok (82.8%) dan sebagian besar tidak menggunakan APD

dengan lengkap pada saat bekerja di bagian intervensional radiografi (73,6%).

Tabel 1. Distribusi frekuensi subjek penelitian

Variabel	$\bar{X} \pm SD$	Min-Mak
Umur	31,45 ± 6,57	23 - 48
Limfosit	33,93 ± 6,52	16 - 51
Dosis Radiasi	0,175 ± 0,214	0,010 - 0,790
Lama Kerja	6,863 ± 5,032	1 - 26
Beban Kerja	725,87 ± 316,43	129 - 1798
Variabel	n	%
Jenis kelamin:		
Laki-laki	36	41.4
Perempuan	51	58.6
Riwayat Kerja		
Ya	4	4.6
Tidak	83	95.4
Riwayat Merokok		
Merokok	15	17.2
Tidak	72	82.8
Merokok Kebiasaan Menggunakan APD		
Lengkap	23	26.4
Tidak Lengkap	64	73.6

Tabel 2. menunjukkan bahwa rerata limfosit berdasarkan jenis kelamin didapatkan limfosit pada perempuan lebih rendah yaitu 33,16 ± 6,34 dibandingkan dengan limfosit laki-laki, secara statistik tidak terdapat perbedaan bermakna rerata limfosit berdasarkan jenis kelamin. Berdasarkan kebiasaan merokok limfosit pada perokok lebih tinggi yaitu 35,40 ± 6,36 dibandingkan dengan yang tidak perokok, secara statistik tidak terdapat perbedaan bermakna rerata limfosit berdasarkan merokok. Responden yang mempunyai riwayat kerja mempunyai kadar limfosit 32,25 ± 6,89 lebih rendah dibandingkan dengan yang tidak mempunyai riwayat kerja, secara statistik tidak terdapat perbedaan bermakna rerata limfosit berdasarkan riwayat kerja. Pada penggunaan

APD, responden yang tidak lengkap menggunakan APD mempunyai limfosit lebih tinggi yaitu 34,25 ± 6,47, namun secara statistik tidak terdapat perbedaan bermakna rerata limfosit antara yang menggunakan APD dan tidak menggunakan APD.

Tabel 2. Rerata dan p value Limfosit

Variabel	n	$\bar{X} \pm SD$	p value
Jenis kelamin			
Laki-laki	36	34,97 ± 6,71	
Perempuan	51	33,16 ± 6,34	0,202
Merokok			
Tidak merokok	72	33,63 ± 6,56	
Merokok	15	35,40 ± 6,36	0,341
Riwayat kerja			
Tidak	83	34,01 ± 6,54	0,601
Ya	4	32,25 ± 6,89	
Penggunaan APD			
Lengkap	23	33,04 ± 6,73	0,450
Tidak lengkap	64	34,25 ± 6,47	

Tabel 3. menunjukkan bahwa arah korelasi antara variabel dependen dan variabel independen adalah negatif, ini berarti apabila variabel beban kerja, dosis radiasi, umur dan lama kerja bertambah maka kadar limfosit semakin rendah. Korelasi antara beban kerja dengan penurunan jumlah limfosit kuat (-0,551); korelasi antara dosis radiasi dan penurunan jumlah limfosit kuat (-0,586); korelasi antara umur dan penurunan jumlah limfosit juga sedang (-0,257) dan korelasi antara lama kerja dengan penurunan jumlah limfosit lemah (-0,107). Signifikasi antara beban kerja, umur dan dosis radiasi dengan limfosit adalah 0,000 (< 0,05) artinya ada korelasi yang signifikan antara beban kerja dengan penurunan jumlah limfosit (Ha Diterima). Sedangkan signifikasi lama kerja (0,325) hal ini berarti tidak ada korelasi yang

signifikan dengan penurunan jumlah limfosit (Ho Diterima).

Tabel 3. Hasil Uji korelasi variabel independen (dosis radiasi, umur, beban kerja dan lama kerja) dengan variabel dependen (limfosit)

Variabel	n	p value	Pearson Correlation (r)
Umur (Tahun)	87	0,016	-0,257
Dosis radiasi (mSv)	87	0,000	-0,586
Lama kerja (Tahun)	87	0,325	-0,107
Beban kerja (jmlh pemeriksaan)	87	0,000	-0,551

Tabel 4 menunjukkan variabel yang memiliki nilai signifikansi dibawah 0,25 (variabel umur, jenis kelamin, dosis radiasi dan beban kerja), maka empat variabel tersebut masuk ke dalam kandidat untuk dilakukan uji linier berganda ($p < 0,25$).

Tabel 4. Variabel kandidat analisis multivariat

No	Nama variabel	Simbo l	sig
1	Dosis radiasi	X ₁	0,000
2	Jenis kelamin	X ₂	0,202
3	Umur	X ₃	0,016
4	Lama Kerja	X ₄	0,325
5	Beban Kerja	X ₅	0,000
6	Merokok	X ₆	0,341
7	Riwayat kerja	X ₇	0,601
8	Kebiasaan menggunakan APD	X ₈	0,450

Berdasarkan Tabel diatas ada 4 variabel yang memiliki nilai signifikansi dibawah 0,25 (variabel umur, jenis kelamin, dosis radiasi dan beban kerja), maka empat variabel tersebut masuk ke dalam kandidat untuk dilakukan uji linier berganda. Tabel 5 menunjukkan hasil analisis akhir dimana hanya terdapat 2 variabel prediktor yang berpengaruh terhadap limfosit yaitu dosis radiasi dan beban kerja, dengan demikian kedua variabel tersebut terpilih sebagai model akhir untuk memprediksi limfosit.

Tabel 5. Model Summary dan coefficient dari uji linier berganda

Variabel	Koefisien B	Constanta	p value
Dosis radiasi	-12,124	40,574	0,000
Beban Kerja	0,025		0,007
R	0,632		
R square	0,399		
Durbin-Watson	1,822		

Berdasarkan Tabel 5 didapatkan nilai Nilai koefisien korelasi (R) yang diperoleh adalah sebesar 0,632 artinya hubungan antara variabel bebas terhadap variabel terikat secara bersama-sama positif, kuat dan memiliki hubungan. Sementara nilai koefisien determinasi (R²) yang diperoleh adalah sebesar 0,399 artinya variasi perubahan nilai variabel terikat (limfosit) dapat dijelaskan oleh oleh variabel bebas (dosis radiasi dan beban kerja) secara bersama-sama (simultan) sebesar 42,2%. Sisanya dijelaskan oleh variabel lain yang tidak diteliti. Berdasarkan tabel 4.8 menunjukkan model akhir prediksi limfosit adalah model yang terdiri dari variabel dosis radiasi dan beban kerja. Model akhir prediksi limfosit berupa persamaan sebagai berikut :

$$y = 40,574 + (-12,124) (\text{dosis radiasi}) + (-0,006) (\text{beban kerja})$$

Keterangan:

- Y = Jumlah limfosit
- X₁ = Dosis radiasi
- X₂ = Beban kerja
- b₀ = Bilangan konstanta / *intercept*
- b_{1,2} = Koefisien regresi

Perhitungan Prediksi limfosit dengan menggunakan persamaan adalah :

$$\begin{aligned} y &= 40,574 + (-12,124) (\text{dosis radiasi}) + (-0,006) (\text{beban kerja}) \\ y &= 40,574 + (-12,124) (0,790) + (-0,006) (1798) \\ y &= 20,20 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan prediksi limfosit dengan menggunakan persamaan didapatkan bahwa seseorang yang mempunyai dosis radiasi tinggi (0,790) dan beban kerja berat (1798) dapat diprediksi limfositnya sebesar = 20,20

4. Pembahasan

Proporsi untuk semua responden 87 (delapan puluh tujuh) radiografer terdapat 16 (enam belas) atau 18,4 % yang memiliki jumlah limfosit yang tidak normal.

Berdasarkan hasil analisis variabel Dosis Radiasi dan beban kerja yang mempunyai nilai signifikansi masing-masing $p < 0,025$ dan $0,000 (< 0,05)$ artinya ada korelasi yang signifikan antara beban kerja dengan penurunan jumlah limfosit (Ha Diterima), dimana dosis radiasi dan beban kerja berpengaruh terhadap menurunnya jumlah limfosit pada radiografer dibandingkan dengan keenam variabel independen yang diteliti (Jenis kelamin, umur, lama kerja, merokok, riwayat kerja dan kebiasaan menggunakan APD).

Penelitian yang dilakukan 4 (empat) rumah sakit di Nusa Tenggara Barat dimana penurunan jumlah limfosit berhubungan dengan radiasi yaitu ada 9 (sembilan) orang mengalami penurunan jumlah limfosit.4 Kejadian Translokasi signifikan pada dosis radiasi tinggi yang diterima oleh radiografer ($P < 0,0440$) yaitu pada dosis 50-100 mSv.5,6 Paparan kronis pada pekerja radiasi, dosis yang diterima bervariasi, antara 0,8-50 mSv hasil penelitiannya adalah frekwensi translokasi meningkat jika Dosis radiasi bertambah.⁷

Pada penelitian ini dosis yang diterima oleh radiografer rata-rata 0,59 mSv untuk 6 (enam) bulan jauh lebih kecil dari yang ditetapkan oleh IAEA dimana nilai batas dosis minimum pertahun adalah 20 mSv, namun harus tetap di waspadai karena adanya efek stokastik, dimana efek stokastik berkaitan dengan paparan radiasi dosis rendah (0.25-1000) yang dapat muncul pada tubuh manusia dalam bentuk kanker (kerusakan somatik) atau cacat pada keturunan.⁸ Dalam efek stokastik tidak dikenal adanya dosis ambang, sekecil apapun dosis radiasi yang diterima oleh tubuh ada kemungkinan akan menimbulkan kerusakan sel. Efek muncul berlangsung lama setelah

terjadinya paparan dan hanya dialami beberapa dari kelompok yang terpapar, keparahan tidak tergantung pada dosis radiasi dan tidak ada penyembuhan spontan.⁹

Beban kerja dihitung berdasarkan jumlah pemeriksaan yang dikerjakan, semakin banyak pemeriksaan yang dilakukan oleh seorang radiografer maka semakin besar juga dosis radiasi yang diterima.¹⁰ Dosis radiasi yang diterima oleh radiografer dan pekerja radiasi lainnya adalah akumulasi dari dosis kecil harian yang diterima setiap hari kerja dalam mengerjakan pemeriksaan.¹¹ Meskipun lemah, radiasi yang diterima sehari-hari dapat mengakibatkan kumulatif translokasi kromosom. Jika seorang radiografer bekerja pada bagian yang menggunakan radiasi besar seperti pada bagian CT-Scan dan intervensional radiologi maka perlu dilakukan rotasi atau pergantian shift.

Laki-laki lebih berisiko dibandingkan perempuan untuk penurunan jumlah limfosit yang diakibatkan oleh radiasi,¹⁰ untuk terjadinya perubahan limfosit, namun wanita dan pria ada juga yang menunjukkan tingkat kerusakan yang sama ($p > 0,05$).¹²

Jumlah translokasi meningkat seiring dengan bertambahnya usia dengan usia ($P < 0,001$),¹⁰ juga ditemukan peningkatan signifikan secara statistik pada frekuensi translokasi ($P = 0,01$) pada usia tua pada responden radiografer,^{7,11,13} namun Hilada et al juga menyatakan perubahan limfosit juga terjadi pada kelompok usia muda yang perokok ($p < 0,027$).¹³

Alba et al (2007) menyatakan Ada korelasi antara lama kerja dan kebiasaan merokok dan hasil abrasi kromosom.¹² Penelitian yang dilakukan di Bali menyatakan tidak ada penurunan jumlah limfosit pada petugas radiologi dengan masa kerja pendek dan masa kerja panjang.¹⁴

Riwayat kerja di rumah sakit atau klinik lain didapatkan frekuensi translokasi secara statistik tidak berbeda secara signifikan dengan yang tidak bekerja di rumah sakit atau klinik lain.^{10,11}

Berdasarkan pengujian yang dilakukan tentang pengaruh kebiasaan dalam menggunakan APD diperoleh hasil bahwa kebiasaan dalam menggunakan APD tidak ada pengaruh pada penurunan jumlah limfosit. Penggunaan APD atau peralatan proteksi radiasi dan personal monitor radiasi dapat mengurangi dan melindungi radiografer sebagai pekerja radiasi di rumah sakit dari bahaya dalam menjalankan tugasnya. Dalam kuesioner pemakaian APD hanya 26,4% yang menggunakan lengkap khususnya yang bekerja pada bagian intervensional radiologi. Sifat sinar-X yang memancar ke segala arah dan menimbulkan radiasi hambur menjadi resiko yang patut untuk dipertimbangkan bagi petugas radiologi, sehingga penting adanya pengawasan penggunaan APD dengan lengkap, baik dan benar selama bekerja.

Penelitian pada 10 sampel sel limfosit pekerja radiasi, tiga diantaranya terdapat adanya aberasi kromosom, menurut mereka kemungkinan pekerja radiasi tersebut terkena paparan radiasi saat bekerja tanpa menggunakan alat pelindung tubuh dan tidak memakai peralatan keselamatan radiasi saat bekerja.¹⁵ Berdasarkan pengamatan yang dilakukan oleh penulis, APD yang digunakan pada pemeriksaan intervensional (C-arm di ruang operasi) yang menggunakan fluoroscopy, dimana sinar-X memancar dalam waktu lama (>30 detik) sebagian besar radiografer tidak menggunakan APD secara lengkap (apron, lead glasses, lead gloves, gonad apron, collar apron) hal ini karena kurang lengkapnya APD yang disediakan di ruang tersebut. Berdasarkan penelitian pada 53 orang radiografer di rumah sakit di kota Palembang diperoleh lebih dari separuh pekerja radiasi (58,5%) tidak menggunakan APD.¹⁶ Hasil analisis statistik didapatkan pengetahuan, sikap, pelatihan dan penyuluhan tidak ada hubungan dengan perilaku penggunaan APD sedangkan fasilitas APD, kebijakan serta pola pengawasan secara statistik menunjukkan ada hubungan yang bermakna dengan

perilaku penggunaan APD. Dari hasil analisis ini pula dapat diketahui variabel yang mempunyai pengaruh paling besar terhadap penggunaan APD yaitu pola pengawasan, dimana pekerja radiasi yang menyatakan pola pengawasan baik berpeluang untuk menggunakan APD.

5. Kesimpulan

Ada hubungan bermakna antara paparan radiasi sinar-X pada variabel dosis radiasi dan beban kerja terhadap perubahan jumlah limfosit pada radiografer.

Daftar Pustaka

1. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 432/Menkes/SK/IV/2007 Tentang Pedoman Manajemen Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (K3) Di Rumah Sakit.
2. Spellman FR. 2006. *Industrial Hygiene Simplified: A Guide to Anticipation, Recognition, Evaluation, and Control of Workplace Hazards*. Maryland: The Rowman & Littlefield Publishing Group Inc; 2006. Chapter 8, Radiation. p.159-177.
3. Lusiyanti Y. 2007. Deteksi Kromosom Disentrik dan Translokasi dalam Limfosit Pekerja Radiasi. Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi – BATAN.
4. Alfian MA. 2014. Efek paparan radiasi sinar-x terhadap limfosit pada radiografer di rumah sakit abcd kota mataram tahun . Tesis. Universitas Airlangga. Surabaya. Indonesia.
5. Little PM, Kwon D, Doi K, Simon SL, Preston DL, Doody MM, Lee T, Miller JS, Kampa, Bhatti P, Tucker DJ, SM Linet, Sigurdson JAa 2014. *Association of Chromosome Translocation Rate with Low Dose Occupational Radiation Exposures in U.S. Radiologic Technologists*. Radiation Research Society. 182: p.1-17.

6. Mikloš M, Gajski G, Garaj V, Vrhovac. 2009. *Usage of the standard and modified comet assay in assessment of DNA damage in human lymphocytes after exposure to ionizing radiation*. Radiol Oncol. 43(09): 97-107.
7. Burak LE, Kodama, Nakano M, Ohtaki K, Itoh M, Okladnikova DN, Vasilenko KE, Cologne JB, Nakamura N. 2009. *FISH examination of lymphocytes from Mayak workers for assessment of translocation induction rate under chronic radiation exposures*. Taylor & Francis online. p.901-908.
8. International Atomic Energy Agency (IAEA). 2013. *Radiobiological basics of biodosimetry*.
9. Akhadi M. 2000. *Dasar-dasar Proteksi Radiasi*. Rineka Cipta. Jakarta, Indonesia
10. Sigurdson JA, Bhatti P, Preston LD, Doody MM, Kampa D, Alexander HB, Petibone D, Yong LC, Edwards AA, Ron E, Tucker DJ. 2008. *Routine Diagnostic X-ray Examinations and Increased Frequency of Chromosome Translocations among U.S. Radiologic Technologists*. Association for Cancer Research. Aacrjournals.org. P.8825-8831.
11. Bhatti P, Michele M, Doody, Dale L, Preston, Kampa D, Elaine Ron, Robert W, Weinstock, Simon S, Alan, Edwards, JA Sigurdson. 2008. *Increased Frequency of Chromosome Translocations Associated with Diagnostic X-Ray Examinations*. National Center for Biotechnology Information. HHS Public Access. Rockville Pike, Bethesda, USA. p.149-155.
12. Alba GM, Grillo, Claudia A, Dulout, Fernando N, Seoane, Analía I. 2007. *Assessment of Genotoxic Damage in Lymphocytes of Hospital Workers Exposed to Ionizing Radiation in Argentina*. Archives of Pharmacy Practice. Vol. 6. ProQuest Research Library p. 163-169.
13. Hilada N, Jasmine M. 2014. *The effects of biological and life-style factors on baseline frequencies of chromosome aberrations in human lymphocytes*. Archives of Pharmacy Practice. Vol. 5. ProQuest Research Library p. 19-27.
14. Triningsih. 2012. *Paparan Radiasi Menurunkan Jumlah Limfosit Pada Petugas Radiologi Rs Sanglah Denpasar*. Tesis. Universitas Udayana. Denpasar. Bali.
15. Lubis M, Indrawati I. 2006. *Pemeriksaan Aberasi Kromosom Tak Stabil Pada Sel Limfosit Pekerja Radiasi*. Prosiding pertemuan dan Presentasi Ilmiah Fungsional Teknis Non Peneliti 19 Desember 2006. PTKMR-BATAN. ISSN :1410 – 5381
16. Hakim L. 2004. *Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Perilaku Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) Oleh Pekerja Radiasi Pada Instalasi Radiologi Rumah Sakit Di Wilayah Kota Palembang*. Tesis. Universitas Indonesia. Jakarta, Indonesia.