

**ANALISIS DOSIS RADIASI TERHADAP RADIOTERAPIS
MENGUNAKAN *POCKET DOSEMETER*, TLD *BADGE* DAN TLD-100
DI INSTALASI RADIOTERAPI RSUP DR. M. DJAMIL PADANG
STUDI KASUS (MEI – OKTOBER) 2014**

Milda Utari¹, Dian Milvita¹, Nunung Nuraeni², Helfi Yuliati²

¹Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas
Kampus Unand, Limau Manis, Padang, 25163

²PTKMR BATAN Jakarta
e-mail: mildautari@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian tentang analisis dosis radiasi terhadap radioterapis menggunakan *pocket dosemeter*, Thermoluminisence Dosemeter (TLD) *badge*, dan Thermoluminisence Dosemeter-100 (TLD-100) telah dilakukan di Instalasi Radioterapi Rumah Sakit Umum Pusat Dr. M. Djamil Padang. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur dosis radiasi, menganalisis dosis radiasi berdasarkan NBD yang ditetapkan Peraturan BAPETEN Nomor 3 Tahun 2013, dan memperkirakan efek radiasi terhadap radioterapis. Pengambilan data dilakukan pada tiga orang radioterapis dengan 4 titik pengukuran. *Pocket dosemeter* diproyeksikan pada organ *gonad*, TLD *badge* pada organ dada, dan TLD-100 pada keempat titik pengukuran yang meliputi organ mata, *thyroid*, dada dan *gonad*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis radiasi rata-rata yang diterima radioterapis menggunakan *pocket dosemeter* adalah sebesar 0,005 mSv per hari, dan menggunakan TLD *badge* sebesar 0,014 mSv per hari. Pada TLD-100, interval dosis radiasi terhadap radioterapis berkisar antara 0,000004 mSv sampai 0,00095 mSv per hari. Dosis radiasi tersebut masih berada di bawah NBD yang ditetapkan Peraturan BAPETEN Nomor 3 Tahun 2013, yaitu 20 mSv per tahun. Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan, dapat diperkirakan akan terjadinya efek stokastik pada radioterapis.

Kata kunci : *pocket dosemeter*, TLD *badge*, TLD-100, NBD, efek stokastik

ABSTRACT

The research about radiation dose analysis of radiotherapist using pocket dosemeter, Thermoluminisence Dosemeter (TLD) badge and Thermoluminisence Dosemeter-100 (TLD-100) has been done in Radiotherapy Installation of Dr. M. Djamil Padang Public Hospital. This research purpose to measure the radiation dose, to analyze the radiation dose based on BAPETEN rules number 3 on 2013, and to estimate the radiation effect on the radiotherapist. The data have been taken from three radiotherapists on 4 points measurement. Pocket dosemeter projected on gonad organ, TLD badge on chest organ, and TLD-100 on four points measurement covering the eyes, thyroid, chest and gonad organ. The result of this research showed that the average radiation dose received by the radiotherapist using pocket dosimeter is 0,005 mSv per day, and TLD badge is 0,014 mSv per day. In TLD-100, the radiotherapist's radiation dose interval are from 0,000004 mSv to 0,00095 mSv per day. The radiation dose is less than the NBD of BAPETEN rules number 3 on 2013, namely 20 mSv per year. Based on measurements that have been done, it can be expected the occurrence of stochastic effects on the radiotherapist.

Keywords : pocket dosemeter, TLD badge, TLD-100, NBD, stochastic effect

I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan teknologi nuklir untuk memenuhi kebutuhan manusia telah berkembang keberbagai bidang kehidupan. Teknologi nuklir untuk bidang *keehatan*, berperan penting dalam penanganan kanker dan diagnosis penyakit. Lusiyanti dan Syaifudin (2004) menyatakan bahwa tuntutan kesehatan yang baik dapat dijawab oleh teknologi nuklir yang terus meningkat dalam perkembangan peradaban manusia.

Menurut Akhadi (2000), aplikasi teknik nuklir disamping memberikan manfaat yang sangat besar, dapat pula memberikan ancaman bahaya radiasi yang perlu diwaspadai. Faktor keselamatan adalah tujuan utama. Pemanfaatan akan lebih baik jika kerugian yang mungkin timbul dapat ditekan serendah mungkin atau dihilangkan sama sekali, sehingga pemantauan dosis radiasi memegang peranan penting.

Berdasarkan Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) Nomor 3 Tahun 2013, keselamatan radiasi adalah tindakan yang dilakukan untuk melindungi pasien, pekerja, anggota masyarakat, dan lingkungan hidup dari bahaya radiasi. Proteksi radiasi yang dilakukan untuk mengurangi pengaruh radiasi yang merusak akibat paparan radiasi, menjadi suatu keharusan untuk mewujudkan keselamatan radiasi. Nilai Batas Dosis (NBD) untuk pekerja radiasi tidak boleh melampaui 20 mSv (*millisievert*) per tahun rata-rata selama 5 tahun berturut-turut dan 50 mSv dalam 1 tahun tertentu, sedangkan NBD untuk anggota masyarakat tidak boleh melampaui 1 mSv dalam 1 tahun. Pemantauan dosis radiasi yang diterima oleh pekerja radiasi dilakukan dengan menggunakan *film badge* atau *Thermoluminisence Dosemeter (TLD badge)*, dan dosimeter pembacaan langsung yang terkalibrasi.

Penelitian tentang dampak radiasi terhadap kesehatan pekerja radiasi yang sudah dilakukan Mayerni,dkk (2013) di Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Arifin Achmad, Rumah Sakit Santa Maria dan Rumah Sakit Awal Bros Pekanbaru menunjukkan bahwa, 39 responden pekerja radiasi mendapatkan paparan dosis radiasi dalam kategori normal seluruhnya dari tahun 2008 hingga tahun 2011, dan hanya 4 orang yang tidak normal karena tidak menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) seperti apron dan *film badge* selama bekerja di Bagian Radiologi Rumah Sakit. Selain itu, Perwitasari dan Misjuherlina (2006) melakukan penelitian tentang pajanan radiasi terhadap keterpaparan radiografer ruang penyinaran Instalasi Radioterapi RSUPN Ciptomangunkusumo Jakarta, menyimpulkan bahwa tidak adanya kenaikan dosis radiasi yang diterima petugas disebabkan faktor pesawat terapi radiasi dan lama atau tidaknya petugas berada dalam lingkungan radiasi tersebut.

Pentingnya pengontrolan dosis radiasi pekerja radiasi melatarbelakangi penelitian yang dilakukan di Rumah Sakit Umum Pusat (RSUP) Dr. M. Djamil Padang, karena adanya renovasi ruangan Instalasi Radioterapi pada awal tahun 2012 dengan penambahan *shielding* sebagai penahan radiasi dan pemakaian instrumentasi baru. Penelitian bertujuan untuk mengukur dosis radiasi pada radioterapis menggunakan *pocket dosemeter*, *TLD badge* dan TLD-100.

Besaran dan satuan dasar yang dipakai dalam pengukuran dosis radiasi telah didefinisikan oleh *The International Commission of Radiation Units and Measurements (ICRU)*. Berikut ini adalah besaran dan satuan dasar dalam dosimetri.

1. Dosis Serap

Besaran dosis serap digunakan untuk mengetahui jumlah energi dari radiasi pengion yang diserap oleh medium. Dosis serap ditunjukkan oleh Persamaan 1.

$$D = \frac{dE}{dm} \quad (1)$$

D adalah dosis serap, dE adalah energi yang diserap oleh medium bermassa dm dan dm adalah massa medium.

2. Dosis Ekuivalen

Dosis ekuivalen merupakan besaran dosimetri yang berhubungan langsung dengan efek biologi, yang didapatkan dari perkalian dosis serap dengan faktor bobotnya. Dosis ekuivalen ditunjukkan oleh Persamaan 2.

$$H_{T,R} = w_R D_{T,R} \quad (2)$$

$H_{T,R}$ adalah dosis ekuivalen organ atau jaringan T dari radiasi R, w_R adalah faktor bobot dari radiasi R dan $D_{T,R}$ adalah dosis serap organ atau jaringan T dari radiasi R.

3. Dosis Efektif

Dosis efektif diperlukan untuk menunjukkan keefektifan radiasi dalam menimbulkan efek tertentu pada suatu organ. Dosis efektif ditunjukkan oleh Persamaan 3.

$$H_E = w_T H_T \quad (3)$$

H_E adalah dosis efektif, w_T adalah faktor bobot organ atau jaringan T, dan H_T adalah dosis ekuivalen organ atau jaringan T.

Pengukuran dosis radiasi menggunakan dosimeter dilakukan secara akumulasi. Dosis radiasi yang mengenai dosimeter personal akan dijumlahkan dengan dosis yang telah diterima sebelumnya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk meningkatkan proteksi radiasi bagi radioterapis dan memberikan sumbangan informasi bagi penelitian selanjutnya.

II. METODE

Penentuan dosis radiasi terhadap radioterapis dalam penelitian ini menggunakan 3 jenis dosimeter, yaitu pocket dosemeter, TLD badge dan TLD-100. Setiap radioterapis memakai ketiga dosimeter dengan 4 proyeksi titik pemasangan selama ± 1 bulan. Pengukuran dosis radiasi terhadap radioterapis menggunakan pocket dosemeter dilakukan dengan pembacaan langsung, dengan titik pengukuran diproyeksikan ke arah organ gonad. Pengukuran dosis radiasi menggunakan TLD badge, mengacu pada hasil pembacaan TLD badge dari Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan (BPFK) Medan. Setelah 3 bulan pemakaian TLD badge, instalasi radioterapi mengirimkan TLD badge ke BPFK, untuk menerima laporan dosis radiasi. Titik pengukuran dengan TLD badge, diproyeksikan ke bagian dada. Sementara itu, pengukuran dosis radiasi menggunakan TLD-100, dilakukan dengan 4 proyeksi titik pengukuran (mata, thyroid, dada, dan gonad). TLD-100 yang disediakan oleh Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR) BATAN akan dikirimkan kembali untuk proses pembacaan dengan TLD reader.

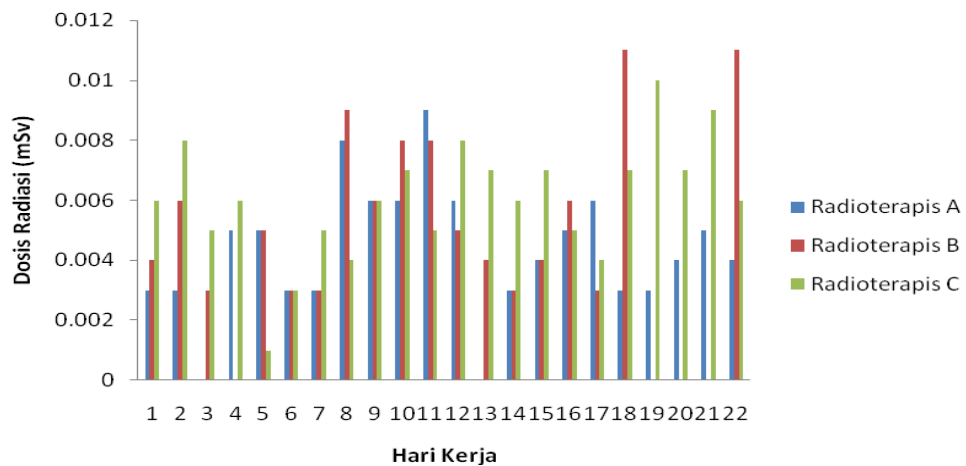
III. HASIL DAN DISKUSI

Hasil pengukuran yang didapatkan, berupa dosis radiasi yang diukur menggunakan pocket dosemeter, dosis radiasi menggunakan TLD badge dari BPFK Medan, dan dosis radiasi menggunakan TLD-100 dari PTKMR BATAN Jakarta.

3.1 Hasil Pengukuran Dosis Radiasi menggunakan Pocket Dosemeter, TLD Badge dan TLD-100

3.1.1 Pocket Dosemeter

Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan pocket dosemeter, diperoleh dosis radiasi terhadap radioterapis, yang ditunjukkan pada Gambar 1.



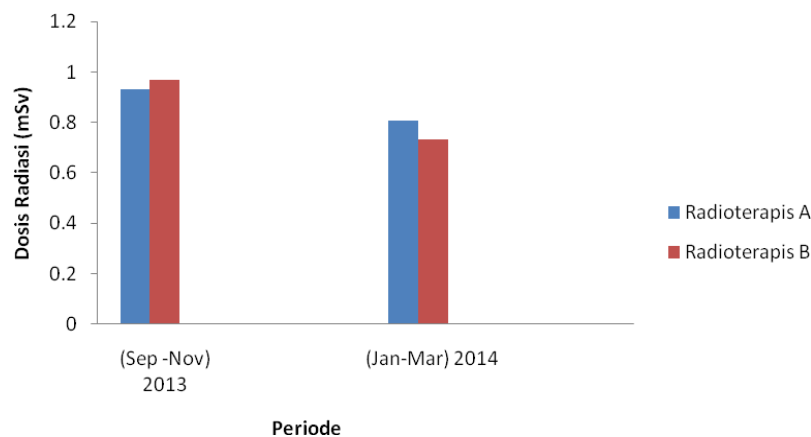
Gambar 1 Hasil pengukuran dosis radiasi terhadap radioterapis menggunakan pocket dosemeter

Pada hasil pengukuran yang ditunjukkan Gambar 1, besarnya dosis radiasi rata-rata radioterapis A, B, dan C adalah 0,005 mSv per hari. Dosis radiasi secara keseluruhan, berada pada interval (0,001 - 0,011) mSv. Radioterapis A tidak bekerja di instalasi radioterapis selama 2 hari (hari ke 3 dan 13), sedangkan radioterapis B selama 4 hari (hari ke 4, 19, 20, dan 21). Dosis radiasi radioterapis B cukup tinggi pada hari ke 18 dan 22, sedangkan pada hari ke 6

dan 9 menerima dosis radiasi yang sama dengan radioterapis A dan C. Radioterapis B menerima dosis radiasi yang lebih tinggi daripada radioterapis lainnya pada beberapa hari (hari ke 8, 10, 16, 18 dan 22), karena dipengaruhi oleh aktivitas radioterapis B yang lebih banyak daripada 2 radioterapis lainnya, yaitu berada di sekitar ruang simulator sinar-X dan ruang pesawat terapi Cobalt-60. Hal tersebut mengakibatkan radioterapis B menerima radiasi sinar-X dan Cobalt-60. Radioterapis A dan C hanya menerima radiasi Cobalt-60 karena beraktivitas di sekitar ruang terapi Cobalt-60, meskipun saat jumlah pasien meningkat, radioterapis A juga beraktivitas di sekitar ruang simulator sinar-X. Oleh karena itu, perbedaan dosis radiasi rata-rata yang diterima ketiga radioterapis cukup signifikan.

3.1.2 TLD Badge

Pengukuran dosis radiasi menggunakan TLD badge, menggunakan laporan pembacaan dosis radiasi sejak September 2013 sampai Maret 2014, yang dikeluarkan oleh BPFK Medan. Pengiriman TLD badge yang dilakukan sekali dalam 3 bulan ke BPFK, tidak bertepatan dengan pelaksanaan penelitian. Hal tersebut menyebabkan pengukuran dosis radiasi terbatas pada data yang lama, yaitu 2 periode terakhir setelah renovasi ruangan instalasi radioterapi. Data dosis radiasi yang tersedia adalah dosis radiasi untuk radioterapis A dan B. Radioterapis C mulai bekerja pada Maret 2014, sehingga data dosis radiasi radioterapis tersebut belum ada. Gambar 2 menunjukkan hasil pengukuran menggunakan TLD badge.

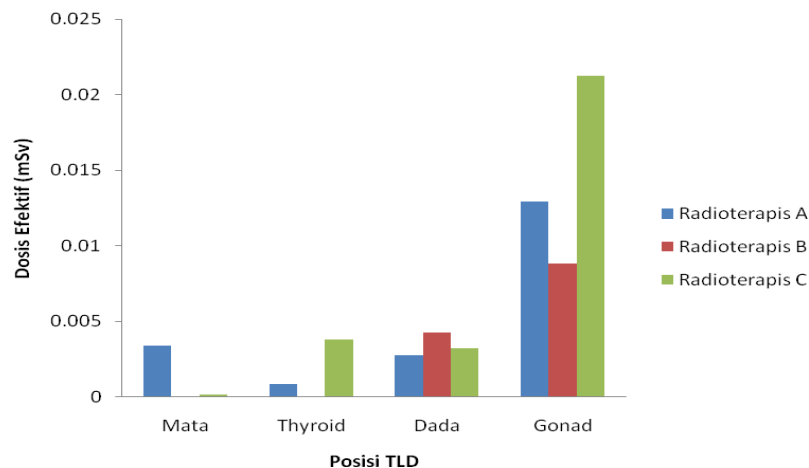


Gambar 2 Hasil pengukuran dosis radiasi radioterapis menggunakan TLD badge

Akumulasi dosis radiasi yang diterima radioterapis periode (September – November) 2013 lebih tinggi daripada periode (Januari – Maret) 2014, karena dipengaruhi oleh kondisi instalasi radioterapi yang direnovasi dan penggunaan instrumentasi baru. Renovasi dilakukan pada awal tahun 2012, bersamaan dengan dipasangnya instrumentasi baru. Instalasi radioterapi mulai beroperasi kembali pada 24 Juni 2013, menggunakan pesawat terapi Cobalt-60 yang memiliki aktivitas radiasi yang tinggi, sebesar 396,9 TBq. Aktivitas radiasi dari Cobalt-60 tersebut akan mengalami pengurangan setelah terjadinya peluruhan. Jika radiasi yang dipancarkan Cobalt-60 semakin kecil, maka dosis radiasi yang diterima radioterapis juga akan mengecil.

3.1.3 Thermoluminisence Dosimeter -100 (TLD-100)

Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan TLD-100, diperoleh dosis radiasi terhadap radioterapis yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Hasil pengukuran dosis radiasi radioterapis menggunakan TLD-100

Pada radioterapis A, organ thyroid menerima dosis radiasi terkecil (0,0009 mSv), dan organ gonad menerima dosis radiasi terbesar (0,013 mSv). Dosis radiasi yang bernilai kecil pada organ thyroid dipengaruhi oleh faktor pemakaian yang tidak rutin selama penelitian, sedangkan ketiga organ lainnya dapat menunjukkan sedikitnya dosis radiasi yang diterima organ. Lain halnya pada radioterapis B, dosis radiasi untuk organ mata tidak terdeteksi oleh TLD reader. Dosis radiasi tidak terdeteksi dikarenakan dosis radiasi yang diterima TLD-100 pada organ mata sangat sedikit dibandingkan dosis radiasi TLD background. Selain itu, dosis radiasi untuk organ thyroid radioterapis B dianggap nol, karena faktor ketidaksengajaan saat penelitian berlangsung, sehingga mengakibatkan hilangnya TLD-100 untuk organ thyroid.

Berdasarkan hasil pengukuran dosis efektif secara keseluruhan, radioterapis C menerima dosis efektif yang paling tinggi terhadap organ gonad. Tingginya dosis efektif organ gonad menunjukkan banyaknya dosis radiasi yang diterima organ tersebut. Jika ditinjau dari struktur sel, sifat sel penyusun organ gonad aktif membelah apabila mengalami gangguan, misalnya akibat radiasi.

3.2 Analisis Dosis Radiasi terhadap Radioterapis berdasarkan Peraturan BAPETEN Nomor 3 Tahun 2013

Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan *pocket dosimeter*, *TLD badge* dan *TLD 100*, dapat diketahui dosis radiasi radioterapis di Instalasi Radioterapi RSUP Dr. M. Djamil Padang. Perbandingan dosis radiasi dari ketiga dosimeter terhadap NBD yang ditetapkan BAPETEN, ditunjukkan oleh Tabel 1.

Apabila dosis radiasi yang didapatkan masing-masing radioterapis dihitung untuk 1 tahun dengan asumsi 1 bulan terdiri dari 20 hari kerja, maka interval dosis radiasi untuk *pocket dosimeter* menjadi (1,1 - 1,4) mSv per tahun, *TLD badge* sebesar 3,4 mSv per tahun, dan *TLD-100* sebesar (0,001 - 0,23) mSv per tahun. Hasil tersebut menunjukkan bahwa interval dosis radiasi yang diterima radioterapis diperkirakan masih di bawah NBD yang ditetapkan BAPETEN untuk pekerja radiasi, yaitu 20 mSv per tahun.

Dari uraian Tabel 1, pengukuran dosis radiasi menggunakan *pocket dosimeter* memiliki dosis radiasi lebih besar daripada pengukuran *TLD-100*, walaupun titik proyeksinya sama (terhadap organ *gonad*). Sementara itu, pengukuran dosis radiasi menggunakan *TLD badge* memiliki dosis radiasi yang lebih besar daripada pengukuran *TLD-100*, meskipun titik proyeksinya juga disamakan (terhadap organ dada). Hal tersebut menunjukkan perbedaan sensitifitas setiap dosimeter, karena memiliki karakteristik masing-masing.

Pocket dosimeter merupakan dosimeter bacaan langsung yang disebut alat ukur aktif, sehingga memungkinkan bagi dosimeter tersebut untuk merekam radiasi yang lebih besar daripada *TLD-100*. Sementara itu, *TLD-100* merupakan dosimeter yang tidak bisa dibaca langsung atau dinamakan alat ukur pasif, sehingga harus melewati proses pembacaan dosis radiasi terlebih dahulu. Pada pemanasan terdapat pengaruh pemberian panas terhadap intensitas

TL (Rohmah dan Suprihadi, 1999), sehingga memungkinkan TLD-100 menunjukkan dosis radiasi yang lebih kecil daripada *pocket dosimeter*.

Tabel 1 Perbandingan hasil pengukuran dosis radiasi pada radioterapis menggunakan *pocket dosimeter*, TLD badge, dan TLD-100, terhadap NBD yang ditetapkan BAPETEN

No	Pembanding	Radio-terapis	Pocket Dosemeter	TLD Badge	TLD-100				NBD BAPETEN No 3 Tahun 2013
					mata	Thyroid	Dada	gonad	
1	Dosis radiasi rata-rata (mSv) per hari	A	0,0047	0,014	0,0002	0,00004	0,0002	0,0006	
		B	0,0057	0,014	-	0	0,0002	0,0005	
		C	0,0060	-	0,000004	0,0002	0,0001	0,00095	
2	Dosis radiasi rata-rata (mSv) per tahun	A	1,1	3,4	0,05	0,01	0,05	0,1	20 mSv (5 tahun berturut-turut) dan 50 mSv (1 tahun tertentu)
		B	1,4	3,4	-	0	0,05	0,1	
		C	1,4	-	0,001	0,05	0,02	0,23	

3.3 Estimasi Efek Radiasi terhadap Radioterapis

Efek radiasi yang diperkirakan muncul berdasarkan hasil penelitian adalah efek stokastik. Efek radiasi tersebut memungkinkan terjadi pada dosis radiasi yang sangat rendah sekalipun. Kemunculan efek stokastik dapat berupa efek somatik maupun genetik. Menurut Gabriel (1988), efek radiasi yang terjadi pada pekerja radiasi untuk tujuan medis umumnya adalah efek somatik (kanker) tertunda dan efek genetik (cacat keturunan) yang akibatnya baru muncul setelah 10 sampai 35 tahun. Ciri khas efek stokastik lainnya yaitu, tidak mengenal dosis ambang, keparahannya tidak bergantung pada dosis radiasi dan tidak ada penyembuhan spontan.

Pada penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya oleh Mayerni, dkk (2013), terdapat ketidaknormalan yang dialami 4 responden dalam penelitiannya, disebabkan tidak memakai Alat Pelindung Diri (APD). Ketidaknormalan tersebut ditandai dengan berkurangnya kadar leukosit (sel darah putih), yang berfungsi mempertahankan tubuh dari serangan penyakit. Adanya proteksi radiasi yang dilakukan terhadap pekerja radiasi, tentunya akan berpengaruh terhadap kesehatan pekerja radiasi tersebut. Dari penelitian yang telah dilakukan di Instalasi Radioterapi RSUP Dr. M. Djamil Padang, radioterapis sudah melakukan upaya keselamatan radiasi selama bekerja berupa penggunaan dosimeter personal, namun tidak disertai pemakaian baju apron. Kondisi tersebut memicu timbulnya efek samping radiasi yang tidak dapat dihindari sepenuhnya. Efek stokastik berupa kanker dan cacat keturunan memungkinkan akan diterima oleh radioterapis, sehingga dosis radiasi terhadap radioterapis perlu dievaluasi secara teratur.

Perwitasari dan Misjuherlina (2006) menyimpulkan, pajanan radiasi terhadap keterpaparan radiografer ruang penyinaran Instalasi Radioterapi RSUPN Ciptomangunkusumo Jakarta, disebabkan faktor pesawat terapi radiasi dan lama atau tidaknya petugas berada dalam lingkungan radiasi tersebut. Apabila dibandingkan dengan keadaan pesawat terapi Cobalt-60 dan lama bekerja radioterapis di RSUP Dr. M. Djamil Padang, hal yang serupa juga mungkin terjadi. Pesawat terapi Cobalt-60 yang beraktivitas radiasi tinggi dan kurangnya keteraturan dalam pembagian kerja setiap radioterapis, menjadi faktor penentu terhadap dosis radiasi yang diterima oleh radioterapis. Agar keselamatan radioterapis dapat terjaga, perlu dilakukan proteksi radiasi yang lebih optimal di instalasi radioterapi.

IV. KESIMPULAN

Pengukuran dosis radiasi terhadap radioterapis menggunakan pocket dosimeter, menghasilkan dosis radiasi rata-rata sebesar 0,005 mSv per hari. Pengukuran menggunakan

TLD badge memperoleh dosis radiasi rata-rata sebesar 0,014 mSv per hari, sedangkan pada TLD-100 didapatkan interval dosis radiasi sebesar 0,000004 mSv sampai 0,00095 mSv per hari. Dosis radiasi yang diterima radioterapis masih berada di bawah NBD yang ditetapkan Peraturan BAPETEN Nomor 3 Tahun 2013, yaitu 20 mSv per tahun. Sementara itu, efek radiasi yang diperkirakan akan muncul pada radioterapis adalah efek stokastik, karena efek tersebut memungkinkan terjadi sekalipun pada dosis yang rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhadi, M., 2000, Dasar-Dasar Proteksi Radiasi, Rineka Cipta, Jakarta.
- BAPETEN, 2003, Peraturan Kepala BAPETEN No. 3 Tahun 2013 tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Radioterapi, Jakarta.
- Gabriel, J. F., 1988, Publikasi United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiations, Kedokteran EGC, Jakarta.
- Lusiyanti, Y dan Syaifudin, M., 2004, Nuklir Mengabdikan Kemanusiaan, *Buletin ALARA*, Vol. 6, No. 1, PTKMR BATAN, Hal 1-8.
- Mayerni, dkk., 2013, Dampak Radiasi Terhadap Kesehatan Pekerja Radiasi di RSUD Arifin Achmad, RS Santa Maria dan RS Awal Bros Pekanbaru, *Jurnal Ilmu Lingkungan*, Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau, Hal 114-127.
- Perwitasari, D dan Misjuherlina, 2006, Paparan Radiasi Terhadap Keterpaparan Radiografer Ruang Penyinaran Instalasi Radioterapi RSUPN Ciptomangunkusumo Jakarta, *Jurnal Ekologi Kesehatan*, Vol. 5, No. 3, Hal 478-485.
- Rohmah, N dan Supriyadi, PY. T., 1999, Pengaruh Perlakuan Panas Pada Karakteristik Tanggapan Termoluminisensi LiF dari TLD-100 terhadap Radiasi Gamma, *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah*, P3TM-BATAN, Yogyakarta.