

## Verifikasi Ketepatan Hasil Perencanaan Nilai Dosis Radiasi Terhadap Penerimaan Dosis Radiasi Pada Pasien Kanker

Mutya Handayani<sup>1,\*</sup>, Dian Milvita<sup>1</sup>, Sri Herlinda<sup>2</sup>, Kri Yudi Pati Sandy<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas, Padang

<sup>2</sup>RSUP DR. M.Djamil, Padang

<sup>3</sup>PTKMR BATAN, Jakarta

Kampus UNAND Limau Manih, Pauh Padang 25163

\*mutyahandayani@rocketmail.com

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang verifikasi ketepatan hasil perencanaan nilai dosis radiasi terhadap penerimaan dosis radiasi pada pasien kanker. Penelitian ini bertujuan untuk memverifikasi ketepatan hasil perencanaan nilai dosis radiasi terhadap penerimaan dosis radiasi pada 5 orang pasien dengan jenis kanker yang berbeda. Verifikasi ketepatan dosis radiasi didapatkan dari perbedaan dosis yang direncanakan berdasarkan kondisi penyinaran dengan pengukuran dosis radiasi permukaan pasien kanker menggunakan TLD-100, kemudian dibandingkan dengan perencanaan nilai dosis menggunakan *Treatment Planning System* (TPS). Keluaran laju dosis pesawat terapi Co-60 dihitung menggunakan *Technical Report Series* (TRS) IAEA No. 398 yang tercantum pada sertifikat kalibrasi. Hasil verifikasi yang didapatkan bahwa nilai dosis radiasi minimum yang diterima pasien mencapai -5,257 % yang diterima oleh pasien *Ca. Laring* dan dosis radiasi maksimum mencapai 11,885 % yang diterima oleh pasien *Ca. Serviks*. Verifikasi dosis radiasi yang diterima masih dalam batas toleransi yang diperbolehkan yaitu  $\pm 25\%$ .

Kata kunci: Co-60, verifikasi, TLD-100, *Treatment Planning System* (TPS), *Technical Report Series* (TRS) IAEA No.398.

### ABSTRACT

*A study is conducted about verification of scheming accuracy result on radiation value dose towards radiation dose receipt on cancer patient. This study is aimed to verify the accuracy of report result on radiation value dose towards radiation dose receipt on 5 diverged cancer patient. Verification of the accuracy in radiation dose is obtained from difference dose which has been schemed based on the condition of the radiation, through the dose measurement toward the cancer patient surface by utilizing TLD-100. This measurement is then compared with the dose by utilizing Treatment Planning System (TPS). The output dose of instrument therapy Co-60 has attached on the calibration certificate is quantified by using TRS IAEA 398. The verification shows that -5,257 % of minimum radiation dose is obtained on Ca. Larinx patient, while 11,885 % of maximum radiation dose is obtained on Ca. Serviks patient. The verification result shows that radiation dose received by the patien are within tolerance limit ( $\pm 25\%$ ).*

*Keywords: Co-60, verification, TLD-100, Treatment Planning System (TPS), Technical Report Series (TRS) IAEA No.398.*

## I. PENDAHULUAN

Kanker merupakan salah satu jenis penyakit yang sangat ditakuti oleh banyak orang, karena kemunculannya dapat merusak sel atau organ penting lainnya. Perlu dilakukan pendeteksian dan dihentikan pertumbuhannya sebelum berdampak lebih buruk dengan salah satu cara menggunakan radiasi. Penggunaan radiasi untuk menghancurkan sel kanker disebut dengan radioterapi. Radioterapi merupakan tindakan medis menggunakan radiasi pengion untuk mematikan sel kanker sebanyak mungkin dengan kerusakan pada sel normal sekecil mungkin (Susworo, 2007).

Berdasarkan jarak antara sumber radiasi terhadap target radiasi maka radioterapi dibedakan menjadi dua kelompok yaitu radioterapi internal (brakhiterapi) dan radioterapi eksternal (teleterapi). Pada brakhiterapi sumber radiasi diletakkan pada target radiasi atau diletakkan sedekat mungkin dengan target radiasi seperti implantasi, kontak dan intrakaviter. Pada teleterapi antara sumber radiasi dan target radiasi terdapat jarak tertentu seperti Pesawat terapi Co-60, pesawat Linear Accelerator (LINAC), Gamma Knife dan Cyber knife.

Terapi kanker selain memberikan hal yang positif juga memberikan dampak negatif, sehingga nilai dosis yang diberikan harus sesuai dan tidak boleh melebihi batas yang diperbolehkan. Secara umum pemberian dosis radiasi dilakukan 5 kali dalam seminggu, dengan dosis radiasi berkisar antara 1,8 Gy sampai 2 Gy dalam satu hari penyinaran. Pemberian dosis radiasi sangat bergantung pada jenis kanker, tujuan pengobatan dan sebagainya. Untuk sejumlah kanker diberikan sebanyak 25 kali sampai 30 kali penyinaran atau dengan jumlah total dosis antara 50 Gy sampai 60 Gy (Susworo, 2007).

Instrumentasi pesawat terapi Co-60 merupakan pesawat terapi menggunakan sumber Co-60 yang memancarkan sinar gamma dan dapat menghancurkan sel genetik, sehingga sel kanker tidak dapat membelah dan tumbuh lagi. Penggunaan pesawat terapi Co-60 untuk mematikan sel kanker harus sesuai dengan kebutuhannya. Apabila perencanaan dosis radiasi yang diterima oleh kanker tidak tepat, maka sel normal yang ada disekitar kanker akan menerima radiasi yang tidak diperlukan, sehingga akan menyebabkan kerusakan pada sel normal tersebut.

Pemanfaatan penggunaan radiasi untuk menghancurkan sel kanker harus diperhatikan agar tidak merusak sel-sel normal disekitarnya, oleh karena itu perlu dilakukan verifikasi. Dalam hal ini verifikasi merupakan pemeriksaan sebuah ketepatan dosis radiasi yang direncanakan dengan dosis radiasi yang diterima. Verifikasi ini bertujuan untuk mengukur ketepatan dosis radiasi yang direncanakan sesuai dengan dosis yang diterima oleh pasien, sehingga pemberian dosis radiasi aman untuk jaringan normal disekitarnya (Barret, dkk., 2009).

Instrumentasi pesawat terapi Co-60 milik RSUP Dr. M. Djamil Padang vakum pada tahun 2009 dan mulai beroperasi kembali pada Juni 2013, dengan instrumentasi pesawat terapi Co-60 yang baru dengan aktivitas yang masih besar. Penelitian ini dilakukan untuk memverifikasi dosis radiasi yang direncanakan sesuai dengan dosis yang diterima oleh pasien kanker. Penelitian ini membutuhkan data keluaran laju dosis pesawat terapi Co-60, tercantum dalam sertifikat yang digunakan sebagai parameter perhitungan perencanaan dan penerimaan dosis radiasi. Keluaran laju dosis radiasi dihasilkan dari kalibrasi pesawat terapi Co-60 yang dihitung menggunakan TRS IAEA No. 398. Pada saat ini masa berlaku sertifikat keluaran laju dosis telah berakhir sehingga nilai keluaran laju dosis yang digunakan diperoleh dari nilai laju dosis pesawat terapi Co-60 yang berkurang 1% per bulan (BAPETEN, 2002). Nilai laju dosis ini diperoleh dari data *Treatment Planning System* (TPS) yang dihitung oleh pihak Radioterapi RSUP DR. M.Djamil.

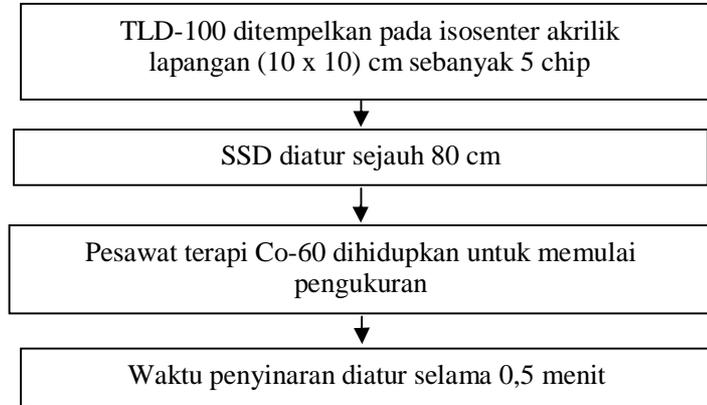
Pengukuran sebelum verifikasi dilakukan yaitu pengukuran faktor kalibrasi TLD-100, pengukuran dosis radiasi permukaan pasien kanker dan verifikasi ketepatan perencanaan penerimaan dosis radiasi terhadap *Treatment Planning System* (TPS) pada pasien kanker. Verifikasi dilakukan melalui perbandingan ketepatan dosis radiasi pada saat kondisi penyinaran dengan pengukuran dosis radiasi permukaan menggunakan *thermoluminescence dose metre-100* (TLD-100). Pemberian dosis radiasi pada pasien dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu luas lapangan penyinaran, kedalaman kanker, distribusi dosis radiasi, laju dosis radiasi, fraksi penyinaran, lama pengobatan, jenis jaringan/organ, volume kanker dan kualitas radiasi. Untuk mengetahui ketepatan dosis radiasi yang diterima sesuai dengan yang direncanakan sehingga perlu dilakukan verifikasi agar dosis radiasi yang direncanakan sesuai dengan yang diterima oleh pasien kanker.

## II. METODE

Verifikasi perencanaan dan penerimaan dosis radiasi dilakukan dengan mendapatkan nilai perbedaan dosis radiasi yang diterima oleh pasien berdasarkan perhitungan kondisi penyinaran dengan hasil pengukuran dosis permukaan menggunakan TLD-100. Pengukuran dosis permukaan dilakukan dengan meletakkan TLD-100 pada permukaan kulit pasien kanker (*Ca. Nasofaring, Ca. Parotis, Ca. Serviks, Ca. Laring, Ca. Bronkogenik*).

**2.1 Kalibrasi TLD-100**

Kalibrasi TLD-100 dilakukan untuk menentukan hubungan antara dosis radiasi gamma yang dipancarkan oleh pesawat terapi Co-60 dengan bacaan TLD-100. Pengukuran faktor kalibrasi dilakukan dengan dosis radiasi 84,87 cGy. Langkah-langkah yang dilakukan pada saat kalibrasi TLD-100 dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1** Skema kalibrasi TLD-100

TLD-100 yang telah diradiasi dikirim ke PTKMR BATAN untuk dilakukan pembacaan menggunakan TLD reader. Hasil bacaan intensitas TL bersih ( $R_b$ ) merupakan selisih dari bacaan intensitas TL total ( $R_t$ ) dan bacaan intensitas TL latar ( $R_l$ ). Untuk mendapatkan hasil ( $R_b$ ) digunakan Persamaan 1 (Akhadi, 2000).

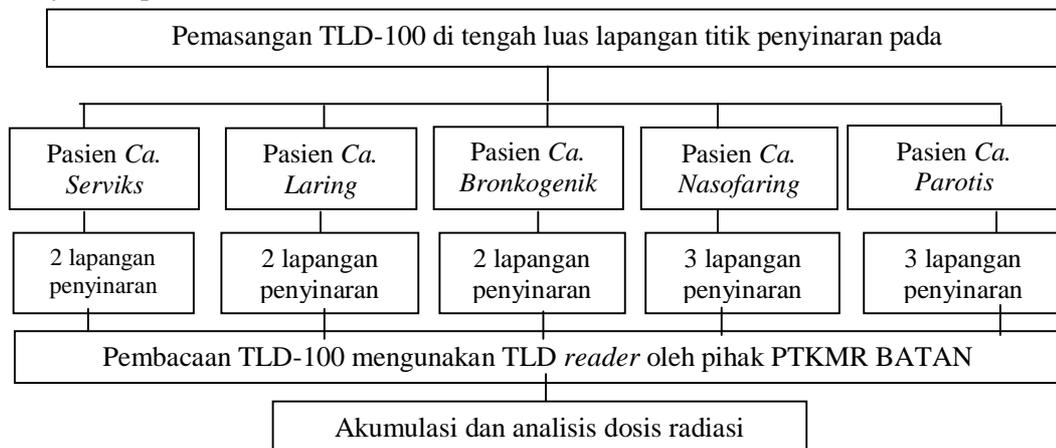
$$R_b = R_t - R_l \tag{1}$$

Faktor kalibrasi TLD ( $FK_{TLD}$ ) menunjukkan hubungan antara dosis yang diterima TLD ( $D$ ) dengan hasil bacaan intensitas TL bersih ( $R_b$ ) (Akhadi, 2000). Faktor kalibrasi TLD-100 dihitung dengan Persamaan 2 (Akhadi, 2000).

$$FK_{TLD} = \frac{D}{R_b} \tag{2}$$

**2.2 Pengukuran dosis radiasi permukaan pasien kanker menggunakan TLD-100**

Pengukuran dosis radiasi permukaan menggunakan TLD-100 dilakukan pada 5 orang pasien kanker (*Ca. Serviks, Ca. Laring, Ca. Bronkogenik, Ca. Nasofaring, Ca. Parotis*). Skema pengukuran dosis permukaan menggunakan *Thermoluminisence Dosemeter-100* (TLD-100) ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2** Skema pengukuran ESD menggunakan TLD-100

Penyinaran dilakukan menggunakan *tray system* dan *open system*. *Tray system* adalah penyinaran yang dilakukan menggunakan blok radiasi yang diletakkan pada kepala pesawat Co-60, bertujuan untuk melindungi organ kritis yang berada disekitar kanker. *Open system* adalah penyinaran yang dilakukan tanpa menggunakan blok radiasi. Untuk menentukan lapangan ekuivalennya menggunakan *tray system* dapat ditentukan menggunakan Persamaan 3 (Podgorsak, 2003).

$$\text{lapangan ekuivalen} = \frac{2b \left\{ a - \left( \frac{c}{b} \right) \right\}}{b + \left\{ a - \left( \frac{c}{b} \right) \right\}} \quad (3)$$

Lapangan ekuivalen dengan penyinaran menggunakan *open system* dapat dihitung menggunakan Persamaan 4 (Podgorsak, 2003).

$$\text{lapangan ekuivalen} = \frac{2ab}{a+b} \quad (4)$$

Dimana  $a$  merupakan panjang sisi terbesar,  $b$  adalah panjang sisi terkecil dan  $c$  adalah luas blok. Untuk menentukan faktor koreksi luas lapangan penyinaran radiasi dapat dihitung menggunakan Persamaan 5 (Hyuskens, 2001).

$$FK\ FS = \frac{\text{Laju dosis lapangan ekuivalen}}{\text{Laju dosis lapangan referensi (10x10) cm}} \quad (5)$$

$FK\ FS$  Faktor koreksi luas lapangan. Untuk mendapatkan hasil dosis radiasi permukaan dapat dihitung menggunakan Persamaan 6 (Podgorsak, 2003).

$$\text{dosis radiasi permukaan} = (D_{read})(FK_{TLD})(FK\ FS) \quad (6)$$

$D_{read}$  merupakan dosis radiasi yang terbaca oleh TLD-100.

### 2.3 Verifikasi Ketepatan Perencanaan dan Penerimaan Dosis Radiasi terhadap Treatment Planning System (TPS) pada Pasien Kanker

Perhitungan perencanaan nilai dosis radiasi kanker didapatkan dari data kondisi penyinaran pasien kanker dapat dihitung menggunakan Persamaan 7 (Podgorsak, 2003).

$$TD = (\text{exposure time})(D)(OF)(PDD) \quad (7)$$

$TD$  (*Tumor Dose*) merupakan dosis radiasi yang diterima kanker (Gy), *exposure time* adalah lama waktu penyinaran (menit),  $D$  adalah nilai laju dosis radiasi pesawat terapi Co-60 pada kedalaman maksimum (cGy/menit),  $OF$  (*Output Factor*) adalah faktor yang dihasilkan dari perbandingan antara dosis radiasi terserap pada titik acuan dalam fantom dan dosis radiasi terserap pada titik yang sama tanpa fantom terhadap luas lapangan,  $PDD$  adalah presentasi dosis radiasi serap pada suatu titik tertentu dalam fantom (%).

Penerimaan dosis radiasi kanker didapatkan dari hasil pengukuran dosis permukaan menggunakan TLD-100. Perhitungan penerimaan dosis radiasi kanker dapat dihitung menggunakan Persamaan 8 (Podgorsak, 2003).

$$D_{target} = (D_{read})(FK_{TLD})(PDD)(FK_{FS})(FK_{SSD}) \quad (8)$$

$D_{target}$  merupakan Dosis radiasi yang diterima kanker (Gy),  $D_{read}$  adalah nilai dosis bacaan TLD (nC),  $FK_{TLD}$  adalah faktor yang dihasilkan dari perbandingan laju dosis radiasi maksimum dengan nilai dosis bacaan TLD pada luas lapangan (10 x 10) cm (cGy/nC),  $PDD$  adalah persentase dosis radiasi serap pada suatu titik tertentu dalam fantom (%),  $FK\ FS$  adalah

faktor koreksi yang dihasilkan dari perbandingan laju dosis lapangan ekuivalen dengan laju dosis lapangan referensi (10 x10) cm dan  $FK_{SSD}$  adalah faktor koreksi dalam teknik penyinaran SSD = 80 cm adalah 1.

Verifikasi dosis radiasi didapatkan dari perbedaan perencanaan dosis radiasi kanker menggunakan data kondisi penyinaran dan penerimaan dosis radiasi kanker dengan pengukuran dosis radiasi permukaan menggunakan TLD-100. Hasil verifikasi dapat diperoleh menggunakan Persamaan 9.

$$\text{Perbedaan dosis} = \frac{D_{target} - TD}{TD} \tag{9}$$

$D_{target}$  merupakan penerimaan dosis radiasi kanker dengan pengukuran dosis radiasi permukaan menggunakan TLD-100 (cGy) dan  $TD$  adalah perencanaan dosis radiasi kanker dari data kondisi penyinaran (cGy).

### III. HASIL DAN DISKUSI

#### 3.1 Faktor Kalibrasi TLD-100

Nilai faktor kalibrasi TLD-100 yang diperoleh adalah 0,021 cGy/nC, nilai ini digunakan untuk perhitungan dosis permukaan dan perhitungan penerimaan dosis radiasi dalam satuan centi gray (cGy). Pengukuran faktor kalibrasi TLD-100 dilakukan untuk mendapatkan hubungan antara dosis radiasi sinar gamma yang dipancarkan oleh pesawat terapi Co-60 dengan bacaan TLD-100.

#### 3.2 Dosis Radiasi Permukaan Pasien Kanker menggunakan TLD-100

Pengukuran dosis radiasi permukaan menggunakan TLD-100 dilakukan pada 5 orang dengan jenis kanker yang berbeda. Hasil pengukuran dosis radiasi permukaan menggunakan TLD-100 ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1** Hasil pengukuran dosis radiasi permukaan pasien kanker menggunakan TLD-100

Kanker	Lap Penyinaran	Waktu penyinaran (menit)	Luas blok (cm <sup>2</sup> )	Luas lapangan (cm)		Lap ekuivalen (cm)	FK FS	FK TLD-100 cGy/nC	Dosis radiasi permukaan (cGy)
				a	b				
Serviks	Lap1	1,14	43,93	15,50	17,40	14,86	1,037	0,021	220,254
	Lap 2	1,14	43,93	15,50	17,40	14,86	1,037		228,747
Laring	Lap1	0,9	Open	5,00	7,500	6,00	0,957	0,021	138,495
	Lap 2	0,9	Open	5,00	7,50	6,00	0,957		151,857
Brongkogenik	Lap1	1,93	Open	9,20	11,40	10,18	1,001	0,021	343,779
	Lap 2	1,93	Open	9,20	11,40	10,18	1,001		371,947
Nasofaring	Lap1	0,95	81,58	13,50	12,00	7,33	0,970	0,021	142,145
	Lap 2	0,95	81,58	13,50	12,00	7,33	0,970		168,665
	Lap 3	1,34	38,99	15,00	9,40	10,07	1,000		244,883
Parotis	Lap1	0,62	15,12	14,00	11,00	11,76	1,013	0,021	123,938
	Lap 2	1,24	15,12	14,00	11,00	11,76	1,013		224,091
	Lap 3	1,35	50,56	18,00	7,00	8,49	0,983		224,886

Berdasarkan uraian Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa nilai dosis radiasi permukaan minimum diterima pada lapangan penyinaran 1 oleh pasien *Ca. Laring* dan maximum pada lapangan penyinaran 2 oleh pasien *Ca. Brongkogenik* diterima oleh kulit meningkat karena sel kanker sudah menyebar, sehingga luas lapangan kanker menjadi besar. Lapangan target yang besar meningkatkan dosis radiasi yang tinggi, sehingga dosis radiasi yang diterima akan semakin meningkat. Nilai dosis radiasi permukaan yang diterima oleh masing-masing fraksi lapangan penyinaran terhadap 5 pasien berbeda. Nilai dosis radiasi permukaan yang berbeda ini dipengaruhi oleh respon TLD-100 yang berbeda terhadap masing-masing lapangan penyinaran, kemudian juga dipengaruhi oleh kondisi penyinaran yang berbeda dari setiap pasien kanker. Faktor lain yang menyebabkan perbedaan dosis radiasi permukaan kulit adalah waktu

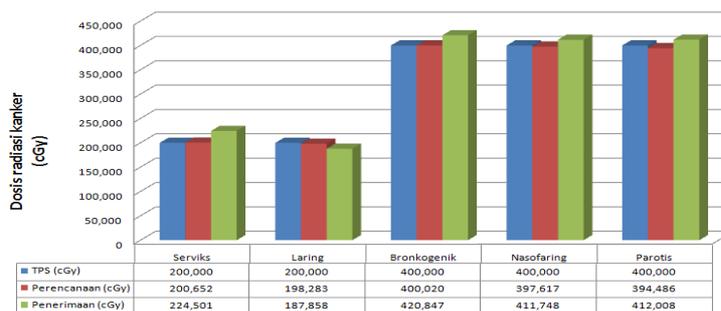
penyinaran, luas lapangan dan kondisi kanker sehingga nilai dosis permukaan yang diterima oleh masing-masing pasien berbeda.

Penerimaan nilai dosis radiasi permukaan juga dipengaruhi oleh hamburan foton dari udara, hamburan meja pasien, hamburan balik dari kulit pasien dan hamburan dari kolimator yang berada di kepala pesawat Co-60 (Diana, 2010).

### 3.3 Verifikasi Ketepatan Perencanaan dan Penerimaan Dosis Radiasi terhadap Treatment Planning System (TPS) pada Pasien Kanker

Verifikasi ketepatan perencanaan dan penerimaan dosis radiasi kanker dilakukan untuk mengetahui ketepatan dosis radiasi yang diterima pasien kanker. Nilai perbedaan dosis radiasi yang didapatkan bervariasi. Perhitungan ini dipengaruhi oleh *percentage depth dose* (PDD). PDD bergantung pada luas lapangan radiasi, jarak sumber radiasi ke permukaan dan kedalaman kanker. Hasil perhitungan ketepatan hasil perencanaan dan penerimaan dosis radiasi dihitung menggunakan Persamaan 7 dan 8.

Hubungan antara nilai perencanaan dan penerimaan dosis radiasi terhadap TPS dapat dilihat pada Gambar 3. Gambar 3 menunjukkan nilai dosis radiasi yang diterima oleh pasien kanker lebih tinggi dibandingkan dengan dosis radiasi yang direncanakan, kecuali pada pasien *Ca. Laring*. Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa luas lapangan ekuivalen yang dimiliki pasien *Ca. Laring* berukuran kecil, semakin kecil ukuran lapangan radiasi maka dosis radiasi yang diterima akan semakin rendah sehingga dosis radiasi yang diterima oleh *Ca. Laring* menjadi lebih rendah. Nilai dosis radiasi minimum diterima oleh pasien *Ca. Laring* dan nilai maksimum diterima oleh pasien *Ca. Bronkogenik*.



**Gambar 3** Hasil perhitungan perencanaan dan penerimaan dosis radiasi kanker terhadap TPS

Jika dibandingkan nilai perencanaan dan penerimaan dosis radiasi terhadap TPS, maka terdapat beberapa pasien menerima dosis radiasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan perencanaan menggunakan TPS. Nilai dosis radiasi yang direncanakan berdasarkan TPS digunakan sebagai nilai dosis radiasi acuan yang didapatkan dari simulasi komputer. Hasil perencanaan dosis radiasi berdasarkan kondisi penyinaran lebih dipercaya dibandingkan dengan hasil penerimaan dosis radiasi berdasarkan pengukuran menggunakan TLD-100. Nilai perencanaan dosis radiasi didapatkan langsung dari data-data penyinaran masing-masing pasien, sedangkan untuk nilai penerimaan dosis radiasi menggunakan TLD-100 terdapat faktor-faktor yang menyebabkan penerimaan nilai dosis radiasi menjadi lebih tinggi antara lain hamburan-hamburan foton yang diterima oleh TLD-100.

**Tabel 2.** Verifikasi perbedaan perencanaan dan penerimaan dosis radiasi kanker

Kanker	TPS (cGy)	Total perencanaan dosis radiasi kanker (cGy)	Total penerimaan dosis radiasi kanker (cGy)	Perbedaan nilai dosis radiasi kanker	Persentase perbedaan nilai dosis radiasi (%)
Serviks	200	200,652	224,501	23,848	11,885
Laring	200	198,283	187,858	-10,425	-5,257
Bronkogenik	400	400,020	420,847	20,826	5,206
Nasofaring	400	397,617	411,748	14,130	3,553
Parotis	400	394,486	412,008	17,522	4,441

Berdasarkan uraian dari Gambar 3 maka dilakukan verifikasi ketepatan perencanaan dan penerimaan dosis radiasi terhadap TPS. Verifikasi dilakukan untuk mengetahui ketepatan dosis radiasi yang diterima oleh pasien kanker. Hasil verifikasi dosis radiasi ditunjukkan pada Tabel 2. Nilai pada tabel tersebut dihitung menggunakan Persamaan 9.

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa perbedaan minimum antara perhitungan perencanaan dan penerimaan dosis radiasi mencapai -5,257% dan perbedaan maksimum mencapai 11,885 %. Dalam Sofyan (2012), *International Organization for Standardization* (ISO) dan *International Electrotechnical Commission* (IEC) menyatakan bahwa TLD-100 memiliki deviasi tanggapan sebesar  $\pm 25\%$ . Deviasi tanggapan sebesar  $\pm 25\%$  disebabkan karena TLD sangat sensitif terhadap perlakuan panas yang terjadi, serta sudut datang radiasi memberikan kontribusi kesalahan dalam estimasi dosis, sehingga pada penelitian ini dosis radiasi yang diterima oleh 5 pasien kanker masih dalam batas toleransi. Artinya dosis radiasi yang diterima pasien kanker masih sesuai dengan yang direncanakan.

Deviasi dosis radiasi yang diperbolehkan yaitu  $-25\% \leq x \leq 25\%$ , apabila dosis radiasi yang direncanakan adalah 200 cGy sehingga dosis radiasi yang diterima berada pada rentang (150-250) cGy. Apabila dosis radiasi yang diterima diatas 250 cGy maka jaringan sehat yang ada di sekitar kanker akan menerima radiasi yang tinggi, sehingga akan terjadi penyebaran kanker pada jaringan sehat. Jika dosis radiasi yang diterima dibawah 150 cGy maka setelah proses penyinaran radiasi selesai kemungkinan akan menyebabkan kanker muncul kembali.

Beberapa faktor yang mempengaruhi perbedaan nilai dosis radiasi kanker adalah sudut datang radiasi, pengaturan waktu penyinaran yang diberikan, perbedaan kondisi kanker dari setiap pasien, stadium, volume, kedalaman, dan luas lapangan penyinaran kanker (Diana, 2010). Hal tersebut sangat perlu diperhatikan sebelum penyinaran dilakukan, agar dosis radiasi yang diterima oleh pasien kanker sesuai dengan dosis radiasi yang direncanakan. Serta menghindari kemungkinan buruk yang terjadi setelah pengobatan selesai, seperti kanker yang telah dihancurkan akan berkembang kembali dan terjadi penyebaran kanker pada jaringan sehat.

#### IV. KESIMPULAN

Nilai dosis radiasi minimum yang diterima pasien *Ca. Laring* adalah -5,257 % dan dosis radiasi maksimum yang diterima pasien *Ca. Serviks* adalah 11,885 %. Dosis radiasi yang diterima masih dalam batas toleransi yang diperbolehkan yaitu  $\pm 25\%$ .

#### DAFTAR PUSTAKA

- Akhadi, M., *Dasar-Dasar Proteksi Radiasi* (Rineka Cipta, Jakarta, 2000), Hal 239-247.
- BAPETEN, Penyuluhan Peraturan Perundangan Keselamatan Nuklir, Jakarta, 2002.
- Barret, A, Dobs, J., Morris, S., dan Roques, T, *Practical Radiotherapy Planning*, Fourth Edition, CRC Press, USA, 2009.
- Diana, L, "Pengukuran Dosis Kulit dengan Menggunakan Film Gafchromic (EBT) Pada Pasien Kanker Serviks dengan Menggunakan Sinar Foton 6MV", Skripsi S1, Universitas Indonesia, 2010.
- Huyskens, D.P., Bogaerts, R., Verstraete., Loof, M., Nystrom, H., Fiorino, C., Broggi, S., Jornet, N., Ribbas, M., dan Thwaites, D.I., *Practical Guidelines for the Implementation of In Vivo Dosimetry with Diodes in External Radiotherapy with Photon Beams* (ESTRO. Belgium, 1984)
- Podgorsak, E. B., *Review of Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teacher and Students* (IAEA, Vienna, 2003), Hal 147-175.
- Sofyan, H, Dosimeter ThermoLuminesensi sebagai Dosimetri Personal dalam Pemantauan Dosis Radiasi Eksternal, Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVI HFI Jateng & DIY, ISSN: 0853-0823, Purworejo, 2012.
- Susworo, R., *Radioterapi* (UI Press, Jakarta, 2007), Hal 1-5.