

Verifikasi Keluaran Radiasi Pesawat Linac (Foton Dan Elektron) Serta 60Co Dengan TLD

Mely Mediawati¹, Agung Nugroho¹, Ari Mutanto¹

¹Program Studi Fisika, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional, Jakarta

Korespondensi: arimutanto.mutanto@gmail.com

ABSTRAK. Telah dilakukan pengukuran keluaran pesawat *Linear Accelerator (Linac)* dan ⁶⁰Co dalam medium *Solid Water Phantom* milik Rumah Sakit Pusat Angkatan Darat (RSPAD) Gatot Soebroto. Pengukuran bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai keakurasaan keluaran radiasi dengan menggunakan *TLD*. Pengukuran dilakukan dengan teknik SSD 100 cm untuk pesawat *Linac* dan SSD 80 cm untuk ⁶⁰Co pada kedalaman dosis maksimum dengan variasi dosis 50 cGy sampai dengan 250 cGy pada luas lapangan 10 x 10 cm². Hasil pengukuran menunjukkan bahwa deviasi dosis yang diterima *Solid Water Phantom* sebagai target pada kedalaman dosis maksimum untuk keluaran radiasi foton energi 6 MV memiliki nilai deviasi dalam rentang 0,04 % - 0,46 %, keluaran radiasi foton energi 10 MV memiliki nilai deviasi dalam rentang 0,67 % - 2,37 %, untuk keluaran radiasi elektron energi 10 MeV memiliki nilai deviasi dalam rentang 1,03 % - 1,56 %, untuk keluaran radiasi ⁶⁰Co memiliki nilai deviasi dalam rentang 0,20 % - 0,74 %, cukup stabil sesuai batas toleransi $\leq 5\%$ (dalam batas toleransi yang disyaratkan IAEA). Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa kondisi pesawat *Linac* dan ⁶⁰Co di RSPAD Gatot Soebroto masih diterima untuk digunakan.

Kata Kunci: *Linac*, ⁶⁰Co, TLD, *Solid Water Phantom*

ABSTRACT. Measurement of *Linac* and ⁶⁰Co output has been performed in solid water phantom (PMMA) belongs to Angkatan Darat Gatot Soebroto's center hospital. This measurement is meant to verify the radiation output using TLD. Measurement was made SSD 100 cm for *Linac* and SSD 80 cm for ⁶⁰Co in depth of maximum dose with doses variation from 50 cGy until 250 cGy on field size of 10 x 10 cm². The results measurement show that the deviation of doses received by Solid water phantom as a target at a depth of maximum dose for radiation output to photon 6 MV the deviation in the range of 0,04 % - 0,46 %, for radiation output to photon 10 MV the deviation in the range of 0,67 % - 2,37 %, for radiation output to electron 10 MeV the deviation in the range of 1,03 % - 1,56 %, for radiation output to ⁶⁰Co the deviation in the range 0,20 % - 0,74 %, are within $\leq 5\%$ variabilities (still below the limits of tolerance in required by IAEA). From the result, we can conclude that the radiation output of *Linac* and ⁶⁰Co in RSPAD Gatot Soebroto are still acceptable.

Keywords : *Linac*, ⁶⁰Co, TLD, *Solid Water Phantom*.

PENDAHULUAN

Sumber radiasi eksterna yang sering digunakan dalam radioterapi adalah pesawat *Linear Accelerator (Linac)* dan ⁶⁰Co. Mengingat potensi bahaya radiasi ditimbulkan, untuk memantau keluaran radiasi diperlukan alat ukur (detektor). Sehingga dosis yang diterima pekerja radiasi dapat dikontrol agar tidak melebihi nilai batas dosis yang diizinkan. Sebagaimana diketahui, radiasi pengion yang diterima oleh tubuh dapat mendatangkan efek merusak (efek somatik dan efek genetik) [1].

Salah satu detektor yang digunakan adalah *Termoluminesensi Dosimeter (TLD)*. Pada dasarnya *TLD* tidak merekam langsung dosis radiasi yang mengenainya, namun radiasi tersebut akan memberikan tanggapan *TLD* dalam bentuk muatan listrik (Coulomb). Besarnya tanggapan pada *TLD* akan sebanding dengan besarnya dosis radiasi yang diterimanya [2]. IAEA mempersyaratkan kesalahan terhadap dosimetri adalah sebesar $\pm 5\%$ [3].

Penelitian ini menggunakan *TLD* dengan variasi dosis berbagai energi dari sumber radiasi *Linac* (foton energy 6 MV dan 10 MV dan elektronenergi 10 MeV) pada SSD 100 cm dan ⁶⁰Co (1,25

MeV) pada SSD 80 cm dengan luas lapangan 10 x 10 cm² menggunakan *solid water phantom* ketebalan 20 cm pada kedalaman d_{max} untuk masing-masing energi.

METODE DAN BAHAN

Ada beberapa tahap yang dilakukan dalam metode penelitian ini yaitu,

Analisis PDD:

Sebelum penelitian dimulai, hal yang terlebih dahulu dilakukan adalah pengukuran dan analisis PDD pesawat *Linac* Elekta *Precise Treatment System* dan pesawat ⁶⁰Co untuk mengetahui keadaan pesawat radioterapi pada setiap energinya dinyatakan baik untuk digunakan. Dalam penelitian ini, pengukuran PDD dilakukan oleh pihak radioterapi RSPAD, hasil pengukuran PDD yang telah dilakukan dianalisis dengan cara membandingkan dengan nilai referensi dari beberapa sumber.

Persiapan *TLD*:

– Pengelompokan *TLD*

Beberapa *TLD* diberikan radiasi sinar x dengan dosis yang sama, setelah itu *TLD* dibaca dan masing-masing *TLD* disusun dari mulai yang terkecil sampai terbesar batas toleransi kesalahannya terhadap dosis yang diberikan. Pada tahap ini biasanya *TLD* yang layak digunakan memiliki batas toleransi kesalahan $\pm 3-5\%$. Dari hasil penyinaran tersebut diperoleh 2 kelompok *TLD* dengan rata-rata yang berbeda seperti yang terdapat dalam lampiran. Dalam penelitian ini digunakan *TLD* kelompok 1 yang berisi 40 buah *TLD* dengan kesalahan sekitar 5%. Pengelompokan *TLD* dilakukan oleh BATAN. Dari 40 buah *TLD* hasil pengelompokan tadi, hanya diambil 21 buah *TLD* untuk melakukan penelitian ini dan sudah termasuk 1 buah *TLD* digunakan sebagai *background*.

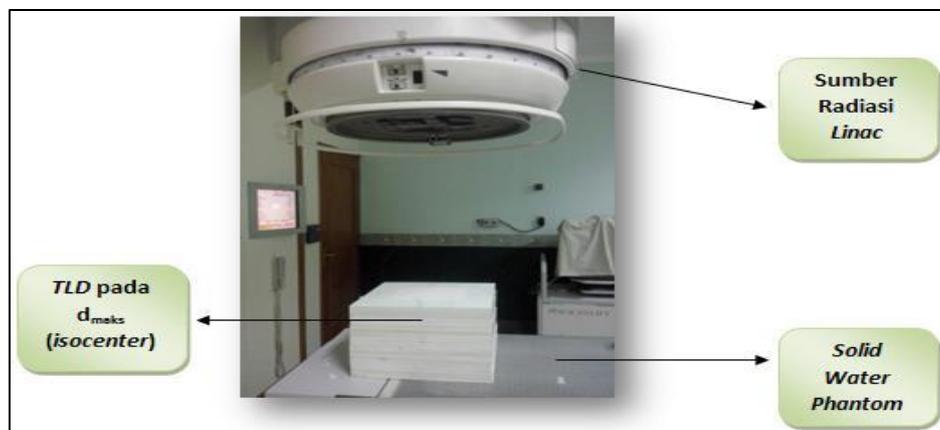
– *Anneling TLD*

Semua *TLD* yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu dari respon radiasi latar agar semua elektron dalam bahan *TLD* berada keadaan dasar dan tidak menyimpan respon radiasi sama sekali. Proses ini dilakukan dengan memanaskan *TLD* pada suhu 400°C selama 1 jam dengan *Furnase* setelah beberapa menit *TLD* dimasukkan kembali pada oven dengan suhu 200°C membutuhkan waktu selama 2 jam.

– Persiapan sebelum kalibrasi *TLD*

Menentukan SSD 100 cm untuk *Linac* dan 80 cm untuk ⁶⁰Co, luas lapangan 10 x 10 cm², dan menempelkan posisi *TLD* tepat di tengah-tengah (*isocenter*) pada kedalaman d_{max} dengan *solid water phantom*.

– Kalibrasi *TLD*



GAMBAR 1. Kalibrasi *TLD* dengan pesawat *Linac*.

4 buah *TLD* yang terpilih tadi masing-masing disinari dengan ^{60}Co dan 4 buah *TLD* disinari *Linac* dengan energi foton 6 MV pada berbagai dosis (100 cGy, 150 cGy, 200 cGy, dan 250 cGy) masing-masing.

– Pembacaan *TLD*

Hasil penyinaran tadi dibaca dengan *TLD reader* untuk di dapatkan kurva antara intensitas *TLD* (nC) dengan dosis radiasi. Kemudian hasil ini bisa digunakan untuk memperoleh grafik linear antara besar dosis (Gy) dan hasil bacaan *TLD* (nC). Sehingga diperoleh persamaan untuk mendapatkan faktor kalibrasi *TLD* untuk masing-masing pesawat radioterapi. Untuk menentukan faktor kalibrasi, maka hasil pengukuran dihitung dengan menggunakan persamaan (1) berikut ini :

$$F_{kal} = \frac{D}{R-BG} \tag{1}$$

Dimana :

F_{kal} = Faktor kalibrasi (cGy/ μC)

D = Dosis (cGy)

R = Bacaan *TLD* (μC)

BG = *Background TLD* (μC)

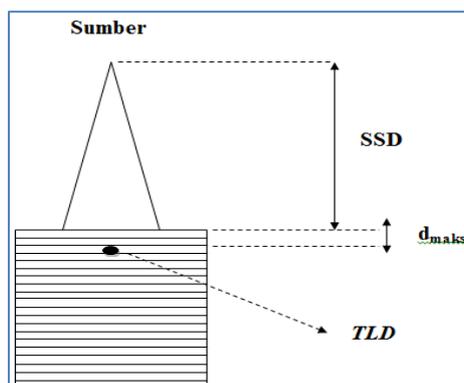
– *Setting* Pesawat

Persiapan pesawat *Linac* dan ^{60}Co sebelum digunakan untuk penyinaran, pesawat harus dinyalakan untuk memperoleh kestabilan terlebih dahulu dengan diberi dosis sebagai pemanasan alat beberapa menit sebelum digunakan.

– Penyinaran

5 buah *TLD* disinari oleh satu energi dengan variasi dosis masing-masing (50 cGy, 100 cGy, 150 cGy, 200 cGy, dan 250 cGy) pada masing-masing kedalaman d_{maks} untuk setiap energi sesuai hasil PDD yang telah dilakukan sebelumnya.

- a) Foton energi 6 MV pada kedalaman 15 mm.
- b) Foton energi 10 MV pada kedalaman 25 mm.
- c) Elektron energi 10 MeV pada kedalaman 25 mm.
- d) ^{60}Co pada kedalaman 5 mm.



GAMBAR 2. Penyinaran dengan *TLD*.

– Pembacaan *TLD*

20 *TLD* yang telah disinari dengan energi dan dosis yang berbeda dibaca untuk mengetahui hasilnya lalu di *annealing*, setelah itu diulang kembali penyinaran sebanyak 3 kali pengulangan untuk diperoleh hasil yang lebih akurat.

– Hasil

Hasil dari 3 kali penyinaran tersebut pada masing-masing energi di rata-rata lalu dibandingkan dengan dosis yang diberikan dengan mengalikan faktor kalibrasi yang telah diperoleh tadi sehingga diperoleh hasil dalam satuan dosis (cGy). Lalu diperoleh grafik

setiap energi antara dosis yang disetting dengan dosis keluaran, sehingga dapat diperoleh tingkat keakurasian keluaran radiasi dengan TLD tersebut.

Untuk bisa mendapatkan besar deviasi maka digunakan persamaan (2) sebagai berikut ini:

$$\Delta = \left| \frac{D_s - D_k}{D_k} \right| \times 100\% \tag{2}$$

Dinama:

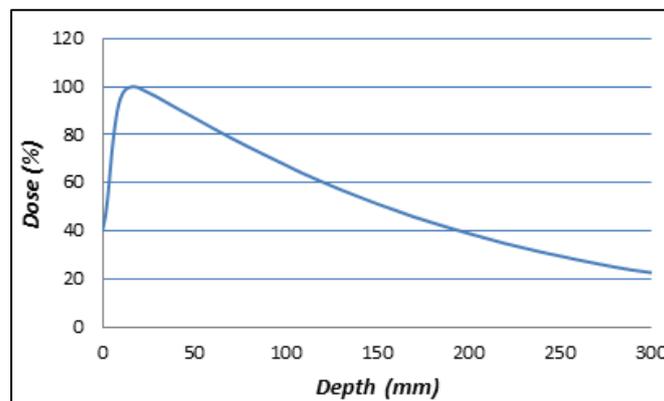
Δ = Deviasi

D_s = Dosis setting

D_k = Dosis keluaran

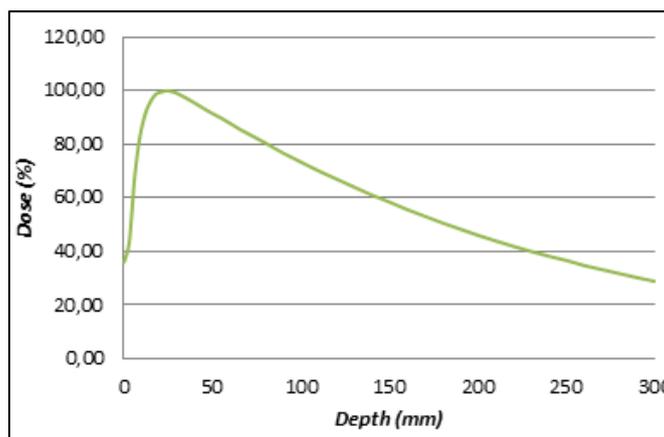
HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum penelitian dimulai, hal yang terlebih dahulu dilakukan adalah pengukuran dan analisis PDD pesawat Linac Elekta *Precise Treatment System* dan pesawat ⁶⁰Co untuk mengetahui keadaan pesawat radioterapi pada setiap energinya dinyatakan baik untuk digunakan. Dalam penelitian ini, pengukuran PDD dilakukan oleh pihak



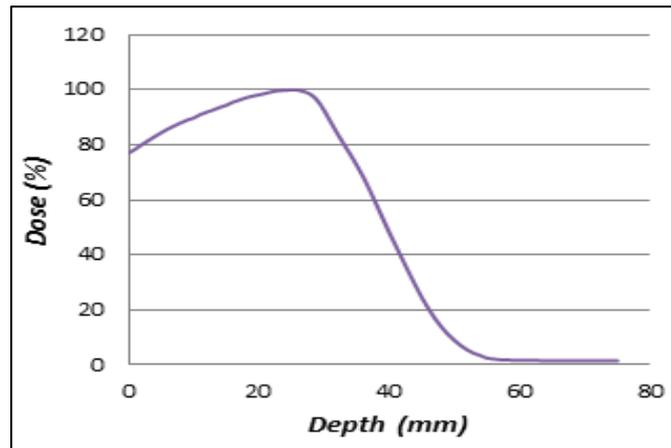
GAMBAR 3. Kurva PDD untuk foton energi 6 MV dengan luas lapangan 10 x 10 cm² pada SSD 100 cm.

Dari gambar 3 data keluaran radiasi 6 MV tersebut didapatkan hasil kedalaman dmaks adalah 15 mmdan d10 adalah 67,5 % dengan deviasid10 0,00 %. Dengan demikian dapat dikatakan untuk foton energi 6 MV masih dalam keadaan baik.



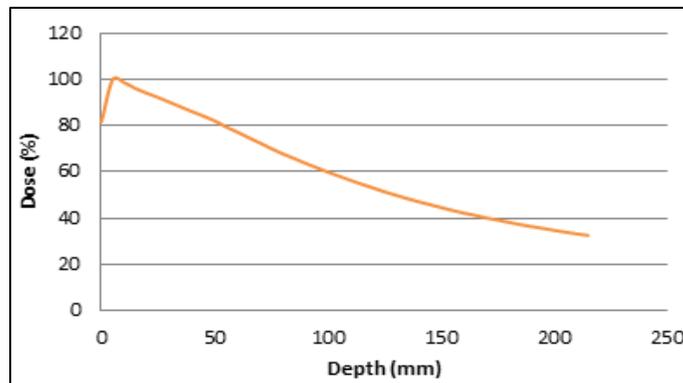
GAMBAR 4. Kurva PDD untuk foton energi 10 MV dengan luas lapangan 10 x 10 cm² pada SSD 100 cm.

Dari gambar 4 data keluaran radiasi 10 MV tersebut didapatkan hasil kedalaman dmaks adalah 25 mmdan d10 adalah 73,4 % dengan deviasid10 0,55 %. Dengan demikian dapat dikatakan untuk foton energi 10 MV masih dalam keadaan baik



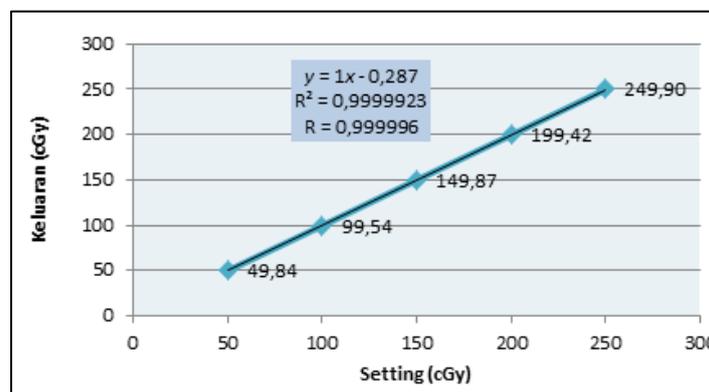
GAMBAR 5. Kurva PDD untuk elektron energi 10 MeV dengan luas lapangan 10 x 10 cm² pada SSD 100 cm.

Dari gambar 5 data keluaran radiasi 10 MeV tersebut didapatkan hasil kedalaman dmaks adalah 25 mm dan R80 adalah 33,02 mm dengan deviasi 0,06 %. Dengan demikian dapat dikatakan untuk elektron energi 10 MeV masih dalam keadaan baik.



GAMBAR 6. Kurva PDD untuk 60Co dengan luas lapangan 10 x 10 cm² pada SSD 80 cm.

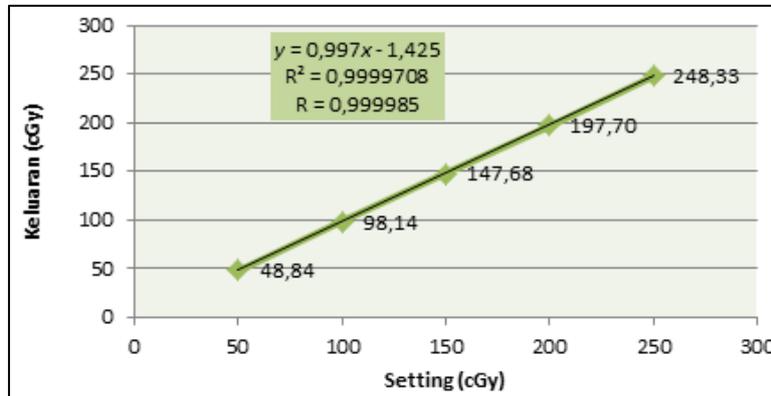
Dari gambar 6 data keluaran radiasi 60Co tersebut didapatkan hasil kedalaman dmaks adalah 5 mm dan d10 adalah 59,925 % dengan deviasi 1,57 %. Hal ini menunjukkan bahwa pesawat 60Co masih dalam batas toleransi ($\pm 2\%$) dari nilai referensi 5 mm untuk kedalaman dmaks dan 59 % untuk d10 [5,16]. Dengan demikian dapat dikatakan untuk 60Co masih dalam keadaan baik. Keakurasian keluaran radiasi untuk setiap energi pada kedalaman dmaks sesuai dengan PDD yang telah dilakukan sebelumnya. Pada radiasi foton 6 MV, perbandingan dosis yang diberikan dengan keluaran radiasi untuk energi foton 6 MV pada dmaks 15 mm dengan beberapa dosis, dapat dilihat dari gambar 7.



GAMBAR 7. Kurva dosis keluaran radiasi pada energi 6 MV.

Linieritas keluaran dari hasil yang diperoleh juga baik, nilai koefisien korelasi $R = 0,999996$ mendekati 1, hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara variabel bebas X terhadap variabel tak bebas Y sangat kuat.

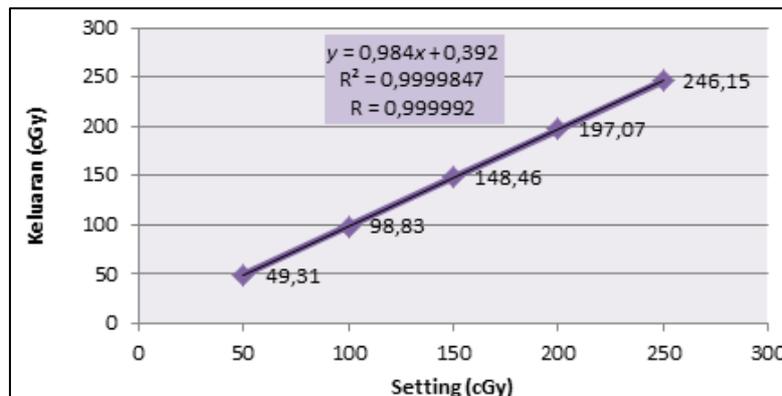
Perbandingan dosis yang diberikan dengan keluaran radiasi untuk energi foton 10 MV pada kedalaman 25 mm dengan beberapa dosis, dapat dilihat dari gambar 8.



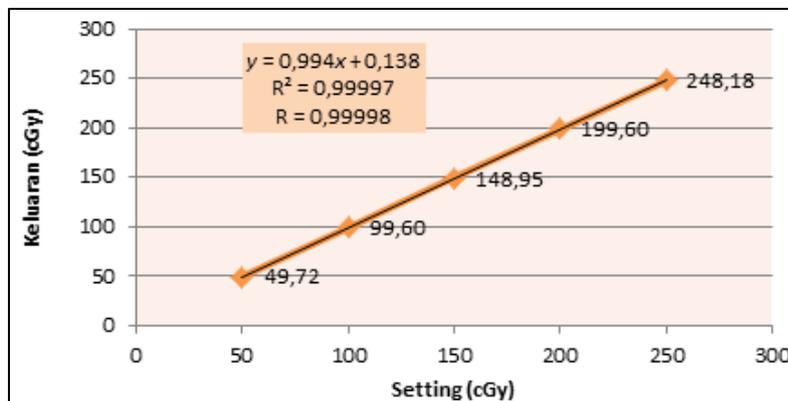
GAMBAR 8. Kurva dosis keluaran radiasi pada energi 10 MV.

Linieritas keluaran dari hasil yang diperoleh juga baik, nilai koefisien korelasi $R = 0,999985$ hampir mendekati 1, hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara variabel bebas X terhadap variabel tak bebas Y sangat kuat.

Perbandingan dosis yang diberikan dengan keluaran radiasi untuk energi elektron 10 MeV pada kedalaman 25 mm dengan beberapa dosis, dapat dilihat dari gambar 9.



GAMBAR 9. Kurva dosis keluaran radiasi pada energi 10 MeV.



GAMBAR 10. Kurva dosis keluaran radiasi pada 60Co.

Linieritas keluaran dari hasil yang diperoleh juga baik dengan nilai koefisien korelasi $R = 0,99998$ hampir mendekati 1, hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara variabel bebas X terhadap variabel tak bebas Y sangat kuat.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini, dapat diambil kesimpulan bahwa PDD pada kedalaman 10 cm untuk keluaran foton energi 6 MV adalah 67.5 % dengan deviasi 0,00 % masih berada dalam batas toleransi ($\pm 2\%$) dari nilai referensi 67.5 %. PDD pada kedalaman 10 cm untuk keluaran foton energi 10 MV adalah 73.4 % dengan deviasi 0,55 % masih berada dalam batas toleransi ($\pm 2\%$) dari nilai referensi 73 %. PDD pada persentase dosis 80 % untuk keluaran elektron energi 10 MeV adalah 33,02 mm dengan deviasi 0,06 % masih berada dalam batas toleransi ($\pm 2\%$) dari nilai referensi 33 mm. PDD pada kedalaman 10 cm untuk keluaran ^{60}Co adalah 59.925 % dengan deviasi 1,57 % masih berada dalam batas toleransi ($\pm 2\%$) dari nilai referensi 59 %. Nilai deviasi keluaran radiasi pada foton 6 MV untuk setting dosis 50 cGy -250 cGy memiliki range antara 0,04 % - 0,46 %, sementara untuk foton 10 MV nilai deviasi untuk setting dosis 50 cGy -250 cGy antara 0,67 % - 2,37 %. Nilai deviasi keluaran radiasi pada elektron 10 MeV untuk setting dosis 50 cGy -250 cGy memiliki range antara 1,03 % - 1,56 %. Nilai deviasi keluaran radiasi pada ^{60}Co untuk setting dosis 50 cGy - 250 cGy memiliki range antara 0,20% - 0,74 %. Data dari hasil penelitian menunjukkan bahwa semua nilai deviasi untuk keluaran radiasi $\leq 5\%$, seperti yang disyaratkan IAEA.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kusnandar, Iyus. 1992. *Karakteristik TLD tipe NG-67 sebagai dosimeter neutron gamma*. UI. Depok.
- [2] Akhadi, M; Herlina, N; Pardi. 1996. *Response of TLD-600 to Continue And Discreate Fast Neutron Doses Irradiation*. [Online]. Tersedia: http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/31/065/31065374.pdf. [17 Mei 2014]
- [3] IAEA. 2008. *Radiation Protection in Radiotherapy part 10 Good Practice Including Radiation Protection in EBT*. Vienna.
- [4] J.R. William. *Radiotherapy Physics in Practice*. Oxford University Press Inc. New York. U.S.A. 1993.
- [5] Podgorsak, E.B. 2005. *Radiation Oncology Physics : A Handbook For Teachers and Student*. IAEA. Vienna. Austria.
- [6] Susworo, R. 2007. *Radioterapi: Dasar-dasar radioterapi, Tata laksana Radioterapi penyakit kanker*. UI Press. Jakarta.
- [7] Johns, H.S., Cunningham, J.R. *The Physics of Radiology*. Edisi 4. Charles C Thomas Publisher. Springfield. 1983.
- [8] Wardaya, S. 2010. *Peranan Radioterapi Pada Penanganan Kasus Leher Rahim*. UI. Jakarta.
- [9] Akhadi, M., Thamrin, M.T. *Fenomena Termoluminesensi dan Pemanfaatannya dalam dosimetri*. Buletin ALARA, Vol. 2. BATAN. Desember 1998.
- [10] Dendy, P.P., Heaton, B. *Physics for Diagnostic Radiology*. Edisi 2 Institute of Physics Publisher. Briston and Philadelphia. 1999.
- [11] Faiz M.Khan. *The Physics of Radiation Therapy*. Lipicot Willams and Wilkins, 3rd Edition. Philadelphia. USA. 2003.
- [12] International Atomic Energy Agency. *Absorbed Dose Determination in Photon and Electron Beam an International Code of Practice*. Technical Report Series No. 277. IAEA. Vienna. 1997.

- [13] International Atomic Energy Agency. Absorbed Dose Determination in External Beam and International Code of Practice for Dosimetry based on Standard of Absorbed Dose to Water. Technical Report Series No. 398. IAEA. Vienna. 2003.
- [14] ISO Guide to The Expression of Uncertainty in Measurement. 1993. International Organization for Standardization. Geneva. Switzerland.
- [15] J. Kantasubrata. 2003. Dasar ketidakpastian Pengukuran, Pelatihan Ketidakpastian hasil pengukuran untuk laboratorium Penguji (ISO-17025). P2TBDU-BATAN.
- [16] Digital Accelerator Installation Manual. 2003. Elekta Limited 4513 370 1870 04 (06.03).
- [17] Van J. Dam, Marinello G. .2006. Methods For In Vivo Dosimetry In External Radiotherapy. Physics for Clinical Radiotherapy Booklet No. 1. ESTRO. Brussels.