

## Pemetaan Laju Dosis Radiasi- $\gamma$ pada Pesawat Teleterapi $^{60}\text{Co}$

S Choiriyah<sup>1</sup>, N Sabrina<sup>1</sup>, Riyatun<sup>1</sup>, Suharyana<sup>1</sup>, Muhtarom<sup>2</sup> dan M I M Arrozaqi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami no 36 Ketingan Surakarta

<sup>2</sup> Unit Radioterapi, Rumah Sakit Dr. Moewardi, Jl. Kolonel Sutarto Surakarta

Email: riyatun@staff.uns.ac.id

**Abstact:** Radiotherapy  $^{60}\text{Co}$  is a method of therapy cancer by radiation  $\gamma$ . Teletherapy  $^{60}\text{Co}$  at RSUD Dr. Moewardi, the collimator opening area can be adjusted to (10 x 10) cm and the distance between source and surface target (SSD) is 80 cm.  $\gamma$ - radiation emitted by the  $^{60}\text{Co}$  source will spread from the collimator to the target in a cone shape so that information about the dose rate receive by patient is needed to support the accuracy of the dose in radiotherapy. To support cancer radiotherapy at a certain depth, information is needed about the dose rate at various phantom depth, the average dose rate and the quality of the dose rate distribution. By using an ionization chamber detector placed at various phantom depth and positions, information can be recorded. PDD (percentage depth dose) of radiation with energy 1,3 MeV, the largest value is at a depth of 6,5 cm, at this depth the measured umbra area is (7,8 x 7,8)cm with an average dose rate of 0,6034 Gy/menit. As the depth of measuring instrument increases, the dose rate measured will decrease exponentially, while the umbra are at the phantom depth is relatively constant.

**Keywords:** Teletherapy  $^{60}\text{Co}$ , Dose Rate, Umbra

**Abstrak:** Radioterapi  $^{60}\text{Co}$  merupakan salah satu metode pengobatan kanker dengan cara menembakkan radiasi  $\gamma$  pada sel kanker. Pesawat teleterapi  $^{60}\text{Co}$  di RSUD Dr. Moewardi, luas bukaan kolimator dapat diatur menjadi (10 x 10) cm dan jarak sumber dengan permukaan target (SSD) adalah 80 cm. Radiasi- $\gamma$  yang dipancarkan oleh sumber  $^{60}\text{Co}$  akan menyebar dari kolimator ke target dengan berbentuk konus sehingga informasi tentang laju dosis yang diterima pasien sangat diperlukan untuk mendukung ketepatan dosis dalam radioterapi. Untuk mendukung radioterapi kanker pada kedalaman tertentu, diperlukan informasi tentang laju dosis pada variasi kedalaman *phantom*, laju dosis rata-rata dan kualitas sebaran laju dosis. Dengan menggunakan detektor *ionization chamber* yang diletakkan pada berbagai kedalaman dan posisi *phantom*, informasi dapat direkam. PDD (*percentage depth dose*) dari radiasi- $\gamma$  berenergi 1,3 MeV terbesar nilainya pada kedalaman 6,5 cm, pada kedalaman ini luas umbra yang terukur yaitu (7,8 x 7,8) cm dengan laju dosis rata-rata 0,6034 Gy/menit. Dengan bertambahnya posisi kedalaman letak alat ukur, laju dosis yang terukur akan menurun secara eksponensial, sedangkan luas umbra pada kedalaman fantom relatif tetap.

**Kata kunci:** Pesawat teleterapi  $^{60}\text{Co}$ , Laju Dosis, Umbra.

### 1. PENDAHULUAN

Kanker adalah istilah umum untuk sekelompok penyakit yang ditandai dengan pertumbuhan sel abnormal yang tidak terkendali. Perkiraan kematian di seluruh dunia akibat kanker akan mengalami peningkatan, pada tahun 2030 diperkirakan terdapat 11,5 juta kasus. Terdapat beberapa metode untuk pengobatan kanker, salah satunya yaitu radioterapi. Radioterapi merupakan pengobatan kanker dengan menggunakan radiasi berenergi tinggi sebagai sumber terapi. Radioterapi dengan menggunakan sumber radiasi dari radioisotop  $^{60}\text{Co}$  dilakukan dengan menembakkan radiasi- $\gamma$  pada sel kanker.

Sumber radioaktif  $^{60}\text{Co}$  adalah radioaktif buatan, dihasilkan dengan iradiasi neutron pada isotop stabil  $^{59}\text{Co}$ , yaitu  $^{59}\text{Co}(n,\gamma)^{60}\text{Co}$  (Khan, 2003), sedangkan peluruhan dari radioisotop  $^{60}\text{Co}$  adalah  $^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow ^{60}_{28}\text{Ni} + ^0_{-1}\beta + \gamma_1 + \gamma_2$ . Partikel- $\beta^-$  terpancarkan dengan energi maksimum 320 keV akan tertahan oleh material pembungkus/kapsul dari sumber. Partikel- $\beta$  yang dihasilkan akan diserap oleh logam cobalt dan kapsul baja tahan karat sehingga dihasilkan sinar-X bremstrahlung dan sebagian kecil sinar-X karakteristik (Podgorsak, 2005). Sinar-X yang dihasilkan mempunyai energi rata-rata 0,1 MeV. Sinar-X tersebut tidak cukup berkontribusi terhadap dosis pasien, karena diserap oleh material sumber dan kapsul (Khan, 2003).

Dua partikel- $\gamma$  dengan energi 1,17 dan 1,33 MeV diarahkan oleh kolimator menuju target organ tubuh pasien. Radiasi- $\gamma$  ini meskipun dikolimasi, tetap menyebar dengan membentuk konus menuju meja pasien. Informasi tentang dosis yang diterima oleh organ target harus tepat dan organ disekitar dijaga supaya tidak menerima dosis yang berlebih. Beberapa jenis kanker, berada pada kedalaman tertentu beberapa cm dibawah permukaan kulit. Untuk mendukung tercapainya keberhasilan dalam pengobatan, sehingga diperlukan informasi tentang laju dosis pada variasi kedalaman *phantom*, laju dosis rata-rata dan kualitas sebaran laju dosis.

Untuk menentukan lebar berkas utama (umbra) dan berkas diperluas (penumbra) digunakan ketentuan: Umbra jika terdapat 80 % dosis dan Penumbra jika terdapat dalam area 20 % hingga 80 %

## 2. METODE PENELITIAN

Peneliti telah membuat *water phantom* dan *holder*. *Water phantom* yang terbuat dari kaca sebagai wadah air disiapkan dengan ukuran 40 x 40 x 40 cm, sedangkan *holder* yang digunakan sebagai tempat untuk meletakkan detektor disiapkan. *Holder* terbuat dari pipa dengan panjang 30,2 cm dengan bagian tengah dilubangi dengan diameter 1,4 cm dan jarak antar lubang 2 cm. Lubang tersebut akan digunakan sebagai tempat untuk meletakkan detektor *ionization chamber* jenis *chamber* silinder tipe A12 REF 92700 disambung ke elektrometer tipe Max 4000 REF 90015.

*Treatment Planning System* (TPS) merupakan suatu proses perencanaan yang digunakan sebelum pelaksanaan radioterapi dengan tujuan mengoptimalkan dosis pada jaringan kanker dan meminimalkan dosis pada jaringan normal yang berada disekitar target. Perencanaan yang digunakan dalam radioterapi yaitu TPS *phoenix plan* / TPS *fonics plan*. Dalam penelitian ini digunakan TPS *fonics plan*. Pengaturan penyinaran adalah bukaan kolimator sebesar  $(10 \times 10)\text{cm}^2$ , jarak sumber radiasi- $\gamma$  permukaan *water phantom* adalah 80 cm, waktu penyinaran 88 detik. Detektor diletakkan didalam air dengan kedalaman 6 cm pada pusat koordinat, kemudian menyapu ke satu sisi sumbu-y positif dan sumbu-y negatif setiap 3 cm sampai sejauh 6 cm. Langkah selanjutnya memvariasi kedalaman detektor pada phantom, setiap 0,5 cm kedalaman hingga 8 cm.

Data yang diperoleh dari elektrometer berupa muatan listrik. Langkah pertama adalah konversi data dengan menggunakan persamaan pada TRS-398, yaitu  $D_w = MN_{D,w}$ . Dari konversi ini akan diperoleh nilai laju dosis serap di setiap titik pengukuran. Untuk mendapatkan laju dosis pada variasi titik yang lebih rapat, maka dilakukan interpolasi data. Dilanjutkan perhitungan dosis tiap titik dan kedalaman relatif terhadap dosis serap tertinggi di  $Z_{\text{mak}}$ . Dosis serap di tiap titik ditampilkan menjadi kurva isodosis dengan software *Origin*. Berdasarkan kurva isodosis akan dilakukan perhitungan area dari kurva isodosis yang menerima dosis sebesar 20% dan 80% menurut persamaan  $SP = D_{20\%} - D_{80\%}$  sehingga dapat diketahui lebar umbra dan penumbra berkas radiasi.

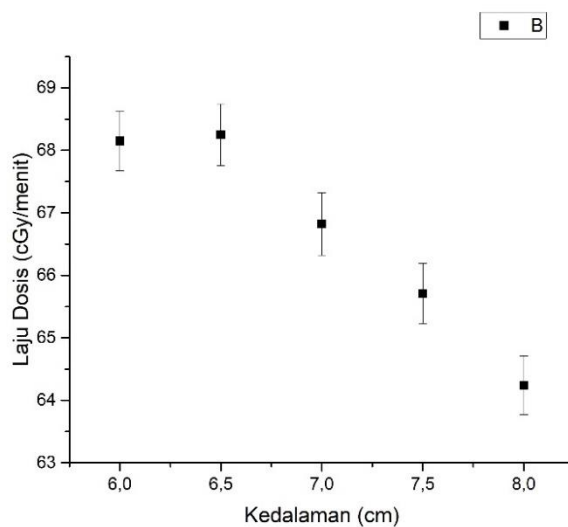
**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil olah data sesuai protokol IAEA TRS-398 menghasilkan laju dosis serap pada tabel 3.1

**Tabel 3.1.** Laju dosis serap pada kedalaman referensi (cGy/menit)

Kedalaman (cm)	Titik koordinat				
	(0,-6)	(0,-3)	(0,0)	(0,3)	(0,6)
6	7,22 ± 0,13	65,01 ± 0,47	68,15 ± 0,48	66,15 ± 0,48	12,74 ± 0,09
6,5	29,43 ± 0,22	67,48 ± 0,48	68,25 ± 0,49	66,11 ± 0,46	20,3 ± 0,15
7	28,73 ± 0,21	65,88 ± 0,43	66,82 ± 0,50	64,47 ± 0,46	20,83 ± 0,16
7,5	24,65 ± 0,21	64,24 ± 0,50	65,71 ± 0,48	63,1 ± 0,47	20,67 ± 0,16
8	23,58 ± 0,20	63,17 ± 0,44	64,24 ± 0,47	62,1 ± 21,57	21,57 ± 0,16

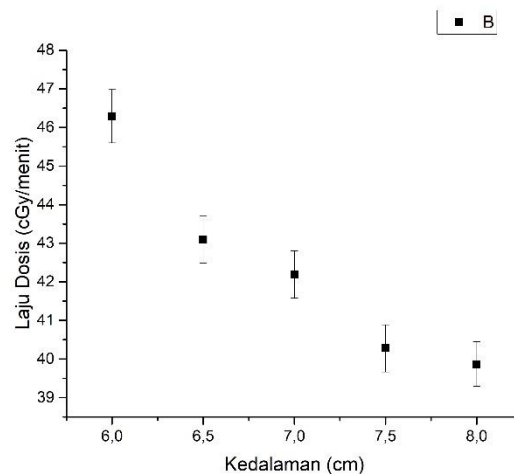
Pada permukaan dan kedalaman *phantom* nilai laju dosis tertinggi berada pada titik pusat penyinaran (koordinat 0,0). Pada koordinat pusat (0,y) ; y = kedalaman, profil laju dosis ditampilkan dengan gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Laju dosis pada pusat penyinaran (0,y)

Laju dosis di permukaan cukup tinggi, dan ditemukan  $Z_{max}$  pada kedalaman 6,5 cm.  $Z_{max}$  adalah kedalaman phantom dimana terdapat laju dosis paling tinggi. Setelah  $Z_{max}$  6,5 cm, maka laju dosis akan mengalami penurunan secara eksponensial menurut persamaan  $y=43,52e^{-0,071x}$

Penurunan laju dosis setelah melewati  $Z_{max}$  disebabkan oleh peristiwa atenuasi foton. Dari grafik eksponensial diperoleh gradien penurunan sebesar 0,071 yang menunjukkan koefisien atenuasi radiasi- $\gamma$  berenergi 1,3 MeV pada air sebesar 0,071.



**Gambar 3.2** Rata-rata laju dosis pada berbagai kedalaman

Rata-rata laju dosis tertinggi berada pada kedalaman 6 cm, dan berkurang seiring dengan bertambahnya kedalaman dengan persamaan  $y=70,586e^{-0,073x}$ .

Berdasarkan kurva isodosis yang diperoleh kemudian dapat ditentukan daerah yang memperoleh dosis radiasi lebih dari 80%, yang disebut area umbra (Tabel 3.2.) Penentuan area umbra pada penyinaran dilakukan pada berbagai kedalaman *phantom*.

**Tabel 3.2** Luas umbra dan laju dosis rata-rata pada berbagai kedalaman

Kedalaman (cm)	Luas (cm)	Laju dosis rata-rata (cGy/menit)
6	(7,2 x 7,2) ± 0,1	56,98 ± 0,84
6,5	(7,8 x 7,8) ± 0,1	60,34 ± 0,85
7	(7,4 x 7,4) ± 0,1	58,82 ± 0,86
7,5	(7,2 x 7,2) ± 0,1	57,04 ± 0,85
8	(7,2 x 7,2) ± 0,1	56,26 ± 0,81

*Percentage depth dose* (PDD) terdapat pada kedalaman 6-6,5 cm. Laju dosis rata-rata pada  $Z_{max}$  ini sebesar (60,34 ± 0,85) cGy/menit dengan luas umbra sebesar (7,8 x 7,8) cm. Setelah melewati kedalaman 6,5 cm laju dosis akan mengalami penurunan secara eksponensial hingga akhirnya mencapai  $D_{ex}$ .  $D_{ex}$  merupakan dosis radiasi pada saat keluar dari target (8 cm)

Pada area diluar umbra disebut sebagai area penumbra. Pada area penumbra laju dosis yang diperoleh relatif kecil yaitu sebesar 20% dari dosis- Rata-rata laju dosis pada area penumbra, relatif jauh lebih rendah dibandingkan pada area umbra. Pada kedalaman 6,5 cm laju dosis rata-rata sebesar 14,35 ± 0,24 cGy/menit. Oleh karena penumbra yang dihasilkan sangat besar, sehingga perlu dilakukan suatu langkah untuk mengurangi penumbra, salah satu yang disarankan adalah pemakaian kolimator sekunder.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, sehingga dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: (1) Laju dosis paling tinggi yang diterima oleh target yaitu berada pada titik pusat penyinaran.  $Z_{max}$  yaitu kedalaman dengan laju dosis terbesar berada pada

kedalaman tertentu, kemudian menurun secara eksponensial menurut persamaan  $y=43,52e^{-0,071x}$ . (2) Laju dosis rata-rata tertinggi berada pada kedalaman 6 cm dengan rata-rata laju dosis sebesar yaitu  $46,29 \pm 0,69$  cGy/menit. Kemudian rata-rata laju dosis akan menurun seiring dengan bertambahnya kedalaman dengan persamaan  $y=70,586e^{-0,073x}$ . (3) Lebar penumbra yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu  $\geq 1,4$  cm.

## 5. SARAN

Diperlukan desain holder yang lebih baik sehingga mendapatkan data dari posisi dan kedalaman yang lebih banyak.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alvionita, V., & Milvita, D. (2018). Analisis Hasil Pengukuran *Tissus Maximum Ratio* (TMR) terhadap Variasi Kedalaman Target dan Luas Lapangan Penyinaran Menggunakan Pesawat LINAC Tipe Clinac-CX. *Jurnal Fisika Unand*, 7 (2), 97-101.
- Footo, M. (2005). Oncology Basics. *Amma Journal*, 20(2), 52-58.
- Kodrat, H., Susworo, R., Amalia, T., Sabariani, R. R. (2016). Radioterapi Konformal Tiga Dimensi Dengan Pesawat Cobalt-60. *Radioterapi & Onkologi Indonesia*, 7(1), 37-42.
- Togibasa, O. (2015). Perhitungan Laju Dosis Serap Menggunakan Metode Monte Carlo. *SAINS*, 15(1), 18-21.
- Widjaya, H. G., Fatimah., dan Sudiyono. (2018). Teknik Radioterapi Radiasi Eksternal Kanker Serviks Dengan Separasi Lebih Dari 20 Centimeter Pada Pesawat Teleterapi Cobalt-60 Di Unit Radioterapi Instalasi Radiologi RSUP DR. Kariadi Semarang. *JimeD*, 4(1), 16-21.
- World Health Organization. (2010). Cancer. World Health Organization. [https://www.who.int/nmh/publications/fact\\_sheet\\_cancers\\_en.pdf?ua=1](https://www.who.int/nmh/publications/fact_sheet_cancers_en.pdf?ua=1). Diakses pada 15 agustus 2020.