

# BFK-05: ESTIMASI DOSIS RADIASI PADA PERLAKUAN CONE BEAM CT RADIOTERAPI

Priska Andini Putri<sup>1</sup>, Rina Taurisia<sup>2</sup>, Supriyanto Ardjo Pawiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Indonesia, Kampus UI Depok

<sup>2</sup>Instalasi Radioterapi, MRCCC Siloam, Semanggi, Jakarta

\*<sup>)</sup> Email: [priska.andini91@ui.ac.id](mailto:priska.andini91@ui.ac.id)

## Abstrak

Cone Beam CT adalah perangkat citra pemandu yang diintegrasikan pada perangkat LINAC radioterapi. Perangkat tersebut banyak digunakan untuk verifikasi posisi pasien dalam tindakan radioterapi. Dalam penelitian ini telah dilakukan untuk estimasi dosis pada daerah kepala, dada, dan pelvis dengan menggunakan perlakuan Cone Beam CT satu putaran penuh. Fantom rando digunakan pada penelitian ini untuk mensimulasikan keadaan yang mendekati sebenarnya dengan kondisi klinis 100 kVp 145 mAs, 110 kVp 262 mAs, dan 125 kVp 680 mAs untuk berturut-turut prosedur perlakuan CBCT kepala, dada, dan pelvis. Dosimeter yang digunakan dalam penelitian ini adalah TLD yang dikalibrasi di PTKMR BATAN dengan kondisi yang sesuai dengan kondisi klinisnya. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah  $4.018 \pm 0.334$  mGy,  $4.210 \pm 0.428$  mGy, dan  $12.547 \pm 3.046$  mGy berturut-turut pada kepala, dada, dan pelvis.

**Keywords:** dose, CBCT, TLD, Rando phantom

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi radioterapi dalam pengobatan kanker menyebabkan banyaknya pasien kanker yang memilih metode radioterapi dalam penyembuhan kanker dibanding metode lainnya. Metode radioterapi tersebut membutuhkan modalitas citra pemandu yang berperang penting untuk menentukan letak kanker, ukuran kanker, serta dosis terapi yang akan diberikan. Modalitas radioterapi yang dilengkapi dengan citra pemandu tersebut biasa disebut dengan *Image Guided Radiotherapy* (IGRT).

Dua modalitas citra pemandu yang umum digunakan dalam perangkat radioterapi, yaitu *Electronic Portal Imaging* (EPI) dan *Cone Beam Computed Tomography* (CBCT). EPI merupakan modalitas citra pemandu yang menggunakan sumber sinar-x *megavoltage* (MV) sedangkan CBCT merupakan modalitas yang memiliki sumber sinar-x *kilovoltage* (kV). CBCT sekarang ini banyak digunakan karena memiliki beberapa keunggulan, di antaranya dapat memaksimalkan lokalisasi volume target dan *Organ at Risk* (OAR) dengan menaikkan jumlah proyeksi sinar-x dan mAs yang digunakan. Selain itu, CBCT juga mampu merekonstruksi citra 3D. [1]

Keunggulan-keunggulan dari pesawat CBCT tersebut menjadikan CBCT telah banyak digunakan di beberapa instansi rumah sakit. Oleh karena itu, estimasi dosis pada CBCT perlu dilakukan untuk

mengetahui seberapa besar dosis radiasi yang diterima pasien.

## 2. Metode Penelitian

Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah LINAC Varian seri G242 tahun 2006 yang dilengkapi dengan perangkat *Cone Beam Computed Tomography* (CBCT) Varian. Alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian estimasi dosis adalah *Rando Phantom* dan TLD Rod. TLD yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 90 buah yang merupakan *solid* TLD dengan panjang masing-masing TLD tersebut adalah sebesar 3 mm.

Alur penelitian dilakukan seperti tertera pada Gambar 1.

### *Cone beam Computed Tomography (CBCT)*

CBCT merupakan modalitas pemandu citra radioterapi yang terintegrasi dengan Linear Accelerator (LINAC) yang memiliki sumber sinar-x *kilovoltage* (kV) yang berbentuk konus. Pencitraan CBCT dilakukan dengan menggunakan rotasi gantri yang memiliki sumber sinar-x dan detektor. Sumber sinar-x yang berbentuk konus meradiasi secara langsung melewati area target hingga mencapai detektor yang kemudian sumber sinar-x dan detektor tersebut berotasi mengelilingi target. Selama rotasi, proyeksi citra *field of view* (FOV) didapatkan secara

berturut-turut hingga diperoleh keseluruhan rekonstruksi tampilan citra 3D.

#### CBCT Varian

CBCT Varian seri G242 keluaran tahun 2006 yang digunakan dalam penelitian ini memiliki sudut target terbesar pada tabung sinar-x sebesar 14°. Tabung sinar-x tersebut juga memiliki dua titik fokus, dengan titik fokus yang kecil sebesar 0.4 mm dan titik fokus yang besar adalah 0.8 mm. CBCT tersebut juga dilengkapi dengan kolimator sinar-x yang mampu menyediakan pengaturan lapangan simetris dan asimetris yang dapat dikontrol pada *workstation* dari sistem *On Board Imager* (OBI). Kolimator tersebut memiliki rentang pergerakan dari -3 cm hingga +25 cm pada isosenter.

#### Rando Phantom

*Rando Phantom* yang dikenal dengan *Alderson Radiation Therapy (ART) Phantom* merupakan fantom yang menyerupai tubuh manusia. Fantom tersebut dicetak mengikuti standard dari ICRU-44. Ukuran ART pria memiliki tinggi 175 cm dengan berat 73.5 kg sedangkan untuk ART wanita memiliki tinggi 155 cm dengan berat 50 kg (Gambar 2.13). ART *Phantom* memiliki ketebalan slice sebesar 2.5 cm. Setiap slice terdapat lubang yang ditutup dengan material yang memiliki kesamaan dengan tulang, jaringan lunak, dan jaringan paru-paru. Lubang-lubang tersebut dapat digantikan dan diisi dengan *Thermoluminescent Dosimeter* (TLD).

Penelitian ini menggunakan *Rando Phantom* karena fantom tersebut dibuat untuk digunakan dalam aplikasi radioterapi yang bervariasi termasuk verifikasi kualitas akhir dari dosis terapi yang diberikan dan untuk membandingkan profil dosis yang diberikan pada perencanaan terapi yang berbeda. Fantom tersebut juga dapat digunakan untuk evaluasi *quality assurance* secara berkala, *Rando Phantom* yang dikembangkan oleh fisikawan bernama Lawrence H. Lanzl Ph.D. mampu memetakan distribusi dosis yang berguna untuk mempelajari evaluasi terapi pasien. Selain itu, *Rando Phantom* dicetak sesuai dengan tulang asli manusia dan material pembentuknya merupakan simulasi dari jaringan tubuh manusia.

#### Thermoluminescent Dosimeter (TLD)

Prinsip TLD didasari pada kemampuan dari ketidaksempurnaan kristal tertentu untuk menyerap dan menyimpan energi dari pengionan radiasi karena pemanasan yang di emisi ulang dalam bentuk cahaya. Cahaya yang dideteksi, dan keluaran cahayanya dikorelasikan menjadi dosis serap yang sebelumnya diterima TLD. Ketika TLD diiradiasi ataupun dipanaskan, elektron bebas dan *hole* di produksi dalam material TL. Material TL tersebut terbuat dari kristal anorganik yang diberi pengotor, misal kristal anorganik Lif diberi pengotor Mg.

Sebelum digunakan untuk estimasi dosis, TLD terlebih dahulu dikarakterisasi untuk kemudian dikelompokkan sesuai dengan tiga nilai yang berdekatan. Tujuannya, ketika estimasi dosis TLD yang digunakan untuk mengisi lubang-lubang pada *Rando Phantom* masing-masing berjumlah tiga buah. Setelah itu, TLD dikalibrasi menggunakan sinar-x sesuai dengan energi dan HVL yang dibutuhkan penyinaran CBCT. Karakterisasi dan kalibrasi tersebut dilakukan di PTKMR BATAN.

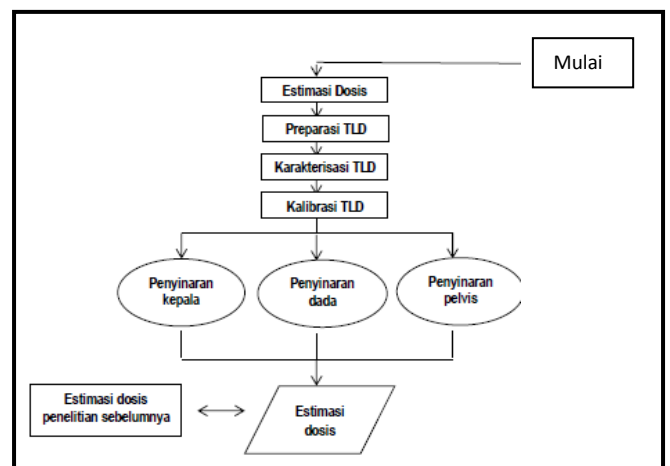
#### Estimasi Dosis

Estimasi dosis dilakukan pada daerah kepala, dada, dan pelvis serta beberapa *Organ at Risk* (OAR) dengan menggunakan *thermoluminescent dosimeter* (TLD) yang diletakkan di dalam *Rando Phantom*. Setiap satu titik *Rando Phantom* diletakkan tiga buah TLD dengan pengulangan pengukuran dosis sebanyak tiga kali. Estimasi dosis pada kepala menggunakan protokol klinis dengan energi 100 kV dan HVL 5.4 mmAl dengan mode scan *full fan* dan menggunakan *full bow-tie filter*. Estimasi dosis pada dada menggunakan energi keluaran sinar-x sebesar 110 kV dan HVL 6.4 mmAl dengan mode scan *half fan* dan menggunakan *half bow-tie filter*. Estimasi dosis pada pelvis menggunakan energi sebesar 125 kV dan HVL 6.7 mmAl dengan mode scan *half fan* dan menggunakan *half bow-tie filter*.

Estimasi Dosis ( $D_T$ ) dari TLD dapat diketahui dari hubungan antara hasil bacaan TLD ketika dipapar menggunakan CBCT ( $R$ ) dan faktor kalibrasinya ( $F_K$ ), seperti pada Persamaan 3.1. Faktor kalibrasi dari TLD itu tersebut dapat diketahui dari hubungan antara hasil bacaan TLD yang telah dikalibrasi menggunakan sinar-x ( $k$ ) dengan dosis sinar-x yang diberikan ketika dikalibrasi ( $D_x$ ), seperti pada Persamaan 3.2. Dosis yang diberikan tiap pengkalibrasian adalah sebesar 500 mGy.

$$F_K \text{ (mGy/nC)} = D_x \text{ (mGy)} / k \text{ (nC)} \quad (3.1)$$

$$D_T \text{ (mGy)} = R \text{ (nC)} \times F_K \text{ (mGy/nC)} \quad (3.2)$$



Gambar 1. Skema Penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil bacaan masing-masing TLD yang ada di tiap OAR sekitar kepala yang tertera pada Tabel 1 menjelaskan bahwa bagian *spinal cord* memiliki estimasi dosis yang paling besar, yaitu sebesar  $4.367 \pm 0.262$  mGy.

Hasil dari estimasi dosis di kepala yang dihasilkan dari penelitian ini menunjukkan bahwa dosis yang diterima TLD pada CBCT Varian lebih besar dibandingkan dengan dosis radiasi yang dihasilkan CBCT Elekta. Hal tersebut dikarenakan nilai mAs yang diberikan untuk penyinaran kepala pada CBCT Varian lebih besar dibanding pada CBCT Elekta (145 mAs berbanding 36.1 mAs).

Pengukuran estimasi dosis pada *thorax* menunjukkan bahwa OAR yang menerima dosis paling tinggi adalah bagian paru-paru, yaitu sebesar  $4.766 \pm 0.635$  mGy seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Perbandingan estimasi dosis yang diterima paru-paru menggunakan pesawat CBCT Varian lebih kecil dibandingkan dengan estimasi dosis CBCT Elekta karena lebar *beam* pada CBCT Varian lebih kecil dibanding CBCT Elekta sehingga banyak radiasi

hambur yang diserap (26 cm berbanding 16 cm). HVL untuk penyinaran *thorax* pada Varian CBCT juga lebih kecil dibanding Elekta CBCT (5,7 mmAl dan 6,4 mmAl) sehingga meningkatkan dosis per unit mAs.

Hasil pengukuran estimasi dosis pada pelvis menunjukkan bahwa organ yang mendapatkan dosis terbesar adalah gonad, yaitu  $18.134 \pm 0.750$  mGy. Peletakkan TLD di luar *Rando Phantom* untuk mengestimasi letak gonad juga berpengaruh terhadap serapan dosis yang diterima TLD. Dosis radiasi yang diserap prostat dan *bladder* pada CBCT Varian lebih kecil dibandingkan dengan CBCT Elekta.

Estimasi dosis yang dilakukan pada bagian kepala, dada, dan pelvis tersebut juga menjelaskan bahwa dosis radiasi yang dihasilkan CBCT Varian masih di dalam batas ambang dosis yang direkomendasikan oleh *International Commission on Radiological Protection (ICRP)*, yaitu 0.5 – 2.0 Gy untuk mata, 0.5 Gy untuk *spinal cord*, dan 3.5 – 6.0 Gy untuk gonad.

**Tabel 1.** Estimasi dosis.

Organ	Dosis (mGy)		
	Kepala	Dada	Pelvis
Anterior	$3.641 \pm 0.203$	$4.729 \pm 0.679$	
Mata Kanan	$3.842 \pm 0.304$		
Mata Kiri	$3.323 \pm 0.280$		
Lateral Posterior Kanan	$4.305 \pm 0.414$		
Lateral Posterior Kiri	$4.281 \pm 0.130$		
Telinga Kanan	$4.217 \pm 0.098$		
Telinga Kiri	$4.037 \pm 0.175$		
Lateral Anterior Kanan	$4.190 \pm 0.359$		
Lateral Anterior Kiri	$3.979 \pm 0.484$		
<i>Spinal Cord</i> Teradiasi	$4.367 \pm 0.262$	$3.798 \pm 0.819$	$10.101 \pm 1.162$
Paru-paru Kanan (a)		$3.902 \pm 0.344$	
Paru-paru Kanan (b)		$4.766 \pm 0.635$	
Paru-paru Kiri (a)		$4.662 \pm 0.067$	
Paru-paru Kiri (b)		$4.492 \pm 0.086$	
Jantung (a)		$4.282 \pm 0.043$	
Jantung (b)		$4.019 \pm 0.758$	
Prostat			$11.271 \pm 0.451$
Bladder Kanan (a)			$12.543 \pm 1.480$
Bladder Kiri (a)			$12.576 \pm 0.386$
Bladder Kanan (b)			$11.907 \pm 0.397$
Bladder Kiri (b)			$12.443 \pm 0.445$
Gonad Kanan			$17.501 \pm 0.774$
Gonad Kiri			$18.134 \pm 0.750$

#### 4. Kesimpulan

Estimasi dosis terbesar yang dilakukan pada daerah kepala berada pada bagian *spinal cord* sebesar  $4.367 \pm 0.262$  mGy. Estimasi dosis terbesar yang dilakukan pada daerah dada berada pada bagian paru-paru, yaitu sebesar  $4.766 \pm 0.635$  mGy. Estimasi dosis yang dilakukan pada daerah pelvis, organ yang mendapatkan dosis radasi terbesar adalah gonad dengan dosis radiasi yang diterima sebesar  $18.134 \pm 0.750$  mGy.

Besarnya dosis radiasi yang diterima organ dipengaruhi oleh besarnya mAs, HVL, dan lebar beam yang digunakan. Dosis yang dihasilkan oleh CBCT Varian masih tergolong aman karena berada dalam ambang batas dosis yang direkomendasikan ICRP.

#### Daftar Acuan

##### Jurnal

- [1] Amer A, Marchant T, Sykes J, Czajka J, Moore C. Imaging doses from the Elekta Synergy X-ray cone beam CT system. 2007;80(June):476–82.
- [2] Hyer D, Serago C, Kim S, Li J, Hintenlang D. Imaging Doses In Radiation Therapy From Kilovoltage Cone-beam Computed Tomography. 2010;11.
- [3] Scarfe WC, Farman AG. What is Cone-Beam CT and How Does it Work ? 2008;52:707–30.
- [4] Song WY, Kamath S, Ozawa S, et al. A dose comparison study between XVI and OBI CBCT systems. Med Phys. 2008;35(2):480–86.
- [5] International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection [no authors listed]. ICRP publication 60. Ann ICRP. 1990.

##### Buku

- [6] Mayles P, Nahum A, Rosenwald JC. Handbook of Radiotherapy Physics. CRC Press (2010).