

## Estimasi Dosis Radiasi 3D Energi Foton Berbasis *Percentage Depth Dose* (PDD) dan *Profile Dose* untuk *Treatment Planning System* (TPS) Pesawat LINAC

Ervy Primadila<sup>1,\*</sup>, Dian Milvita<sup>1</sup>, Heru Prasetyo<sup>2</sup>, Muhammad Al Jabbar Kanie<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163

<sup>2</sup>PTKMR-BATAN, Pasar Jum'at, Lebak Bulus, Jakarta Selatan, 12740

<sup>3</sup>Rumah Sakit Universitas Andalas, Kampus Unand, Limau Manis, Padang, 25163

---

### Info Artikel

#### *Histori Artikel:*

Diajukan: 06 Januari 2020

Direvisi: 14 Januari 2020

Diterima: 17 Januari 2020

---

#### *Kata kunci:*

dosis radiasi 3D energi foton  
*percentage depth dose* (PDD)  
*profile dose*  
LINAC

---

#### *Keywords:*

3D radiation dose estimation  
*percentage depth dose* (PDD)  
*profile dose*  
LINAC

---

#### *Penulis Korespondensi:*

Ervy Primadila

Email: [ervyprimadila96@gmail.com](mailto:ervyprimadila96@gmail.com)

---

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai estimasi dosis radiasi 3D energi foton berbasis *percentage depth dose* (PDD) dan *profile dose* untuk *treatment planning system* (TPS) pesawat LINAC menggunakan Matlab. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempermudah dan meningkatkan ketelitian pada pembacaan distribusi dosis radiasi permukaan di beberapa kedalaman secara langsung dalam satu kurva. Estimasi dosis radiasi dilakukan menggunakan data PDD dan data *profile dose* pada kedalaman 5, 10, 15, 20, dan 25 cm. Data PDD dan *profile dose* diambil dengan berkas foton 6 MV dan 10 MV pada luas lapangan 10x10 cm<sup>2</sup> dan *source surface distance* (SSD) 100 cm. Teknik yang digunakan dalam pengolahan data PDD dan *profile dose* adalah teknik interpolasi agar data-data tersebut memiliki nilai dengan interval 0,1 mm. Interval 0,1 mm berguna untuk memberikan jarak antar titik distribusi dosis radiasi bernilai sebesar 0,1 mm. Hasil penelitian adalah estimasi dosis radiasi 3D yang menunjukkan distribusi dosis radiasi permukaan pada setiap kedalaman yang digunakan dalam penelitian. Estimasi dosis radiasi pada setiap kedalaman memiliki pola distribusi dosis radiasi yang menyerupai pola distribusi dosis radiasi pada TPS standar di Rumah Sakit Universitas Andalas. Estimasi dosis radiasi menunjukkan bahwa distribusi dosis radiasi akan semakin lebar dan nilai dosis radiasi menjadi semakin menurun seiring peningkatan kedalaman target penyinaran.

*A research has been conducted on estimating the 3D radiation dose with photon energy based percentage depth dose (PDD) and profile dose for treatment planning system (TPS) of LINAC using Matlab. The purpose of this study is to simplify and improve accuracy in reading the distribution of surface radiation dose at several depths directly in one curve. Estimating of radiation dose is done using percentage depth dose (PDD) and profile dose data at depths of 5, 10, 15, 20, and 25 cm. PDD and profile dose data were obtained using photon energy 6 MV and 10 MV in field size of 10x10 cm<sup>2</sup> and source surface distance (SSD) of 100 cm. The technique used in processing PDD and profile dose is interpolation technique, so that the data have values with interval of 0.1 mm. The interval of 0.1 mm is useful for giving the distance between points of radiation dose distribution is 0.1 mm. The results were estimating of 3D radiation dose at each depth used in the study. The radiation dose estimation for each depth produced has a radiation dose distribution pattern similar to the radiation dose distribution pattern at a standard TPS at Andalas University Hospital. The radiation dose estimation show that the distribution of radiation dose will get wider and the value of radiation dose will decrease with increasing depth of the radiation target.*

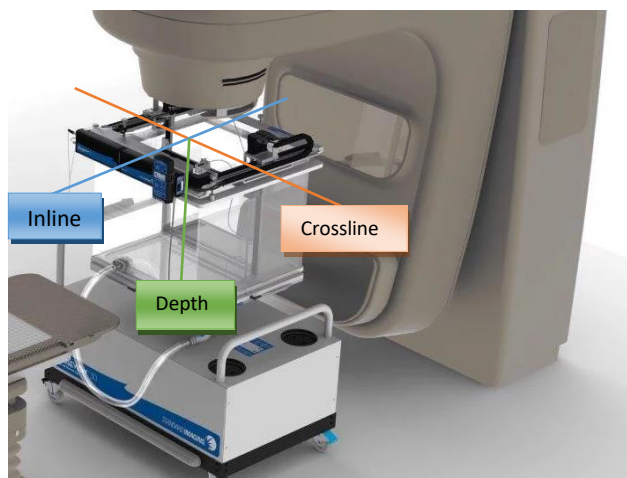
Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

## I. PENDAHULUAN

Kanker adalah penyakit yang ditandai oleh pertumbuhan dan penyebaran sel-sel abnormal yang tidak terkendali dan dapat menyebabkan kematian. Penyebab penyakit kanker dapat meliputi gaya hidup eksternal seperti penggunaan tembakau dan kelebihan berat badan. Faktor-faktor internal seperti mutasi genetik bawaan, hormon, dan kondisi kekebalan tubuh juga dapat menjadi penyebab penyakit kanker (*American Cancer Society*, 2017). Salah satu cara untuk mengobati kanker adalah dengan melakukan radioterapi. Radioterapi adalah jenis pengobatan kanker yang memanfaatkan radiasi pengion seperti sinar-X, sinar gamma dan elektron untuk mematikan sel-sel kanker.

Terapi kanker berdasarkan prinsip radioterapi harus direncanakan dengan baik dan terarah. Perencanaan tersebut dilakukan dengan menggunakan dosis radiasi terukur yang disebut dengan *Treatment planning system (TPS)*. TPS akan menghasilkan bentuk berkas dan distribusi dosis radiasi pada target penyinaran, sehingga dapat memaksimalkan kontrol dosis radiasi terhadap kanker dan meminimalkan komplikasi jaringan normal saat melakukan terapi kanker (Podgorsak, 2005).

TPS terdiri dari beberapa tahapan, salah satunya adalah mengevaluasi distribusi dosis radiasi yang tepat untuk penyinaran target. Distribusi dosis radiasi tersebut diperoleh dengan melakukan estimasi sebaran dosis radiasi yang direpresentasikan menggunakan kurva isodosis atau kurva isodosis *cross-sectional*. Kurva isodosis merupakan distribusi dosis radiasi dengan sumbu-x (*crossline*) atau sumbu-y (*inline*) dan sumbu-z (*depth*), sedangkan kurva isodosis *cross-sectional* merupakan distribusi dosis radiasi dengan sumbu-x dan sumbu-y. *Crossline* dan *inline* merupakan luas lapangan dari kurva *profile dose*, sedangkan *depth* merupakan nilai kedalaman dari kurva *percentage depth dose (PDD)*. *Profile dose* menunjukkan distribusi dosis radiasi muka sinar atau permukaan pada sumbu horizontal atau vertikal yang tegak lurus dari arah datangnya sinar, sedangkan PDD menunjukkan distribusi dosis radiasi dalam satuan persen sepanjang sumbu utama arah datangnya sinar (Podgorsak, 2005). Skema sumbu penyinaran dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1** Skema sumbu penyinaran

Penelitian mengenai estimasi dosis radiasi untuk membuat kurva isodosis menggunakan data PDD dan *profile dose* telah beberapa kali dilakukan, diantaranya yaitu Anam (2012) melakukan penelitian membuat kurva isodosis 2D pesawat radioterapi LINAC menggunakan Matlab dari data PDD dan *profile dose*. *Profile dose* yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah *profile dose crossline* pada kedalaman 1,5 cm. Penelitian tersebut menghasilkan kurva isodosis 2D foton 6 MV. Penelitian serupa dilanjutkan oleh Ihya dkk. (2013) menggunakan data PDD dan data *profile dose* pada enam jenis variasi kedalaman, yaitu 1,5; 5, 10, 15, 20, dan 25 cm. Hasil penelitian tersebut adalah kurva isodosis 2D yang lebih baik dibandingkan dengan kurva isodosis penelitian Anam (2012). Hal ini dikarenakan penelitian tersebut menghasilkan kurva yang lebih halus dan tidak terbentuk tanduk pada tepi kurva.

Penelitian-penelitian tersebut menghasilkan kurva isodosis 2D dari estimasi dosis radiasi menggunakan data PDD dan satu jenis data *profile dose*. Penelitian untuk menghasilkan kurva isodosis *cross-sectional* 2D atau biasa disebut dengan distribusi dosis radiasi permukaan juga telah

dilakukan oleh Prasetio dkk. (2017). Variabel sumbu kurva pada distribusi dosis radiasi permukaan adalah *crossline* dan *inline* yang berasal dari kurva *profile dose* dengan variasi kedalaman 1,5; 5, 10 dan 20 cm. Distribusi dosis radiasi 2D yang dihasilkan pada penelitian tersebut hanya mengestimasi dosis radiasi permukaan per kedalaman saja, sehingga tidak memperlihatkan distribusi dosis radiasi pada semua kedalaman secara langsung dan menyeluruh. Hal ini dapat menyebabkan pemberian dosis radiasi ke target tidak mudah dinilai secara menyeluruh dan lebih teliti.

Pada penelitian ini dilakukan estimasi dosis radiasi yang menunjukkan distribusi dosis radiasi permukaan semua variasi kedalaman pada satu kurva, sehingga menghasilkan estimasi dosis radiasi 3D. Estimasi dosis radiasi 3D yang dimaksud adalah distribusi dosis radiasi 2D per kedalaman yang diintegrasikan kedalam satu kurva, sehingga akan terbentuk kurva dengan tiga jenis variabel pada sumbu kurva, yaitu luas lapangan *crossline*, luas lapangan *inline* dan *depth*. Pada kurva tersebut, warna pada kontur menunjukkan distribusi dosis radiasi permukaan dalam satuan persen. Estimasi dosis radiasi 3D dapat membantu penilaian distribusi dosis radiasi dengan lebih teliti dibandingkan estimasi dosis radiasi 2D saja, karena menunjukkan distribusi dosis radiasi permukaan setiap kedalaman secara langsung dalam satu kurva. Penelitian ini penting untuk dilakukan agar pemberian dosis radiasi ke target dapat dilakukan secara lebih teliti, terutama pada foton, yaitu energi dari gelombang elektromagnetik dengan daya penetrasi radiasi yang lebih tinggi dibandingkan energi elektron. Penggunaan foton lebih diutamakan karena foton paling banyak digunakan dalam klinis.

## II. METODE

Penelitian dilakukan menggunakan pesawat *Linear Accelerator* (LINAC) tipe Clinac-CX di Instalasi Radioterapi Rumah Sakit Pendidikan Universitas Andalas. Penelitian dilaksanakan dengan dua metode, metode pertama adalah pengambilan data PDD dan *profile dose* menggunakan pesawat LINAC. Metode kedua adalah pengolahan data PDD dan *profile dose* tersebut menjadi estimasi dosis radiasi 3D menggunakan Matlab.

### 2.1 Pengukuran *Percentage Depth Dose* (PDD)

Pengukuran *Percentage depth dose* (PDD) dilakukan menggunakan detektor ionisasi *chamber reference* dan detektor ionisasi *chamber field*. Objek yang digunakan sebagai target penyinaran adalah *blue phantom* yang berisi *aquades* sebagai pengganti tubuh manusia. Penyinaran dalam pengukuran PDD menggunakan energi 6 MV dan 10 MV dengan SSD 100 cm dan luas lapangan  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ . Kurva PDD yang diperoleh setelah penyinaran dikonversi ke dalam data angka dengan parameter persentase dosis radiasi dan kedalaman (*depth*).

### 2.2 Pengukuran *Profile Dose*

Pengukuran *profile dose* tidak jauh berbeda seperti cara pengukuran PDD, detektor yang digunakan ionisasi *chamber reference* dan ionisasi *chamber field*. Objek yang digunakan sebagai target penyinaran adalah *blue phantom* yang berisi *aquades* sebagai pengganti tubuh manusia. Penyinaran dalam pengukuran *profile dose* menggunakan energi 6 MV dan 10 MV dengan SSD 100 cm, luas lapangan  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ , dan variasi kedalaman pengambilan data *profile dose* adalah 5, 10, 15, 20, dan 25 cm. Kurva *profile dose* yang diperoleh setelah penyinaran dikonversi ke dalam data angka dengan parameter dosis radiasi relatif dan luas lapangan *crossline* dan luas lapangan *inline*.

### 2.3 Teknik Pengolahan Data

Kurva PDD dan *profile dose* yang telah dikonversi menjadi data angka disimpan ke dalam aplikasi *microsoft excel*. Data PDD berupa data angka yang menyatakan nilai persentase dosis radiasi terhadap variabel kedalaman, sedangkan data *profile dose* berupa data angka yang menyatakan nilai persentase dosis radiasi terhadap variabel luas lapangan *crossline* atau *inline* pada kedalaman tertentu. Data PDD dan *profile dose* tersebut diinterpolasi menggunakan Matlab untuk membuat interval baru sebesar 0,1 mm pada masing-masing data. Pada data *profile dose*, dilakukan penempatan data persentase dosis radiasi *profile dose* tepat berada di tengah lapangan masing-masing kurva *profile dose*. Tahapan ini dilakukan dengan menggunakan fungsi *fwhm* (*Full-Width at Half-Maximum*) pada Matlab. Selanjutnya, setelah didapatkan data PDD dan *profile dose* dengan interval baru dan

persentase dosis radiasi *profile dose* tepat berada di tengah lapangan masing-masing kurva, nilai persentase dosis radiasi pada *profile dose crossline* dan *profile dose inline* diolah menggunakan Persamaan (1) untuk mendapatkan sebaran distribusi dosis radiasi permukaan.

$$\sum_{i=0}^n D(x_i, y_i) = \frac{D(x_i) \times D(y_i)}{D(x_{cax}) \times D(y_{cax})} \quad (1)$$

dengan  $D(x_i, y_i)$  merupakan distribusi dosis radiasi permukaan pada bidang-xy,  $D(x_i)$  merupakan nilai persentase dosis radiasi *profile dose crossline* pada titik  $i$ ,  $D(y_i)$  merupakan nilai persentase dosis radiasi *profile dose inline* pada titik  $i$ ,  $D(x_{cax})$  merupakan nilai persentase dosis radiasi *profile dose crossline* pada titik pusat penyinaran (*central axis*),  $D(y_{cax})$  merupakan nilai persentase dosis radiasi *profile dose inline* pada *central axis*. Indeks  $i$  merupakan data persentase dosis radiasi setiap titik luas lapangan. Selanjutnya distribusi dosis radiasi permukaan tersebut dikali dengan nilai persentase dosis radiasi pada PDD sesuai variasi kedalaman yang digunakan, dengan menggunakan Persamaan (2), hingga menjadi estimasi dosis radiasi 2D pada masing-masing kedalaman.

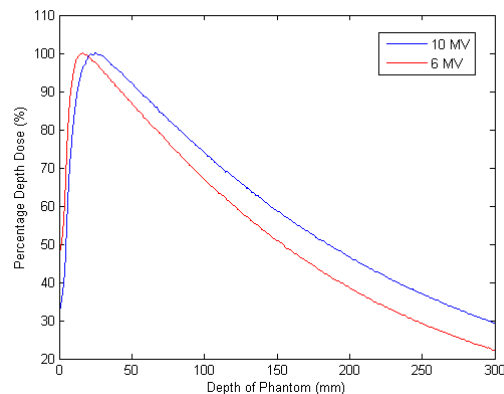
$$D(D(x_i, y_i), z) = D(x_i, y_i) \times PDD(z) \quad (2)$$

Dengan  $D(D(x_i, y_i), z)$  merupakan distribusi dosis radiasi permukaan pada kedalaman tertentu dan  $PDD(z)$  merupakan persentase dosis radiasi pada kedalaman tertentu. Semua estimasi dosis radiasi 2D pada variasi kedalaman, diintegrasikan sesuai kedalamannya pada satu kurva sehingga membentuk estimasi dosis radiasi 3D foton.

### III. HASIL DAN DISKUSI

#### 3.1 Percentage Depth Dose (PDD)

Kurva *percentage depth dose* (PDD) menunjukkan hubungan antara persentase dosis radiasi terhadap kedalaman (*depth*). Kurva PDD dengan interval data 0,1 mm dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2** Kurva PDD pada Energi 6 MV dan 10 MV

Kurva PDD yang terbentuk pada foton 6 MV dan 10 MV memiliki persentase dosis radiasi yang berbeda. Hal ini disebabkan, nilai persentase dosis radiasi dipengaruhi oleh besar energi dan tingkat kedalaman pada pengambilan data PDD dalam penelitian ini. Penggunaan energi yang semakin tinggi akan menghasilkan persentase dosis radiasi yang semakin tinggi pula di setiap titik kedalaman. Begitu juga sebaliknya, penggunaan energi yang semakin rendah akan menyebabkan persentase dosis radiasi semakin kecil di setiap titik kedalaman. Hal ini dapat ditinjau dari peristiwa efek Compton, yaitu jika energi yang digunakan semakin tinggi, maka akan menimbulkan banyak peluang terjadinya ionisasi, sehingga menyebabkan persentasi dosis radiasi juga semakin meningkat.

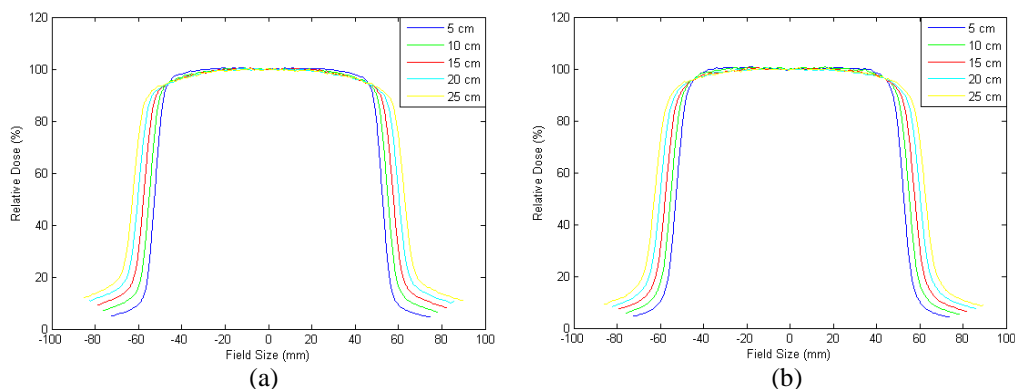
Kurva PDD menunjukkan bahwa peningkatan persentase dosis radiasi terjadi dari titik nol kedalaman (permukaan) hingga titik pada kedalaman dosis radiasi maksimum ( $D_{maks}$ ). Persentase

dosis radiasi maksimum ( $D_{maks}$ ) yang dihasilkan menunjukkan bahwa persentase dosis radiasi yang dihasilkan pada kedalaman maksimum ( $Z_{maks}$ ) mencapai nilai mendekati 100% atau tepat pada 100%. Daerah terjadinya peningkatan persentase dosis radiasi tersebut, disebut sebagai *build-up*. *Build-up* merupakan daerah dari permukaan sampai daerah dengan dosis radiasi maksimum suatu jaringan yang menerima dosis radiasi pada sumbu penyinaran radiasi. *Build-up* kemungkinan terjadi akibat adanya foton energi tinggi yang ditembakkan menuju elektron atom medium, sehingga atom mengalami ionisasi akibat adanya elektron atom yang menyerap energi lebih tinggi dari energi ikatnya. Ketika elektron atom yang keluar akibat tumbukan keras tersebut memiliki kecepatan tinggi, maka elektron atom tersebut turut memberikan kontribusi kenaikan dosis radiasi pada daerah *build-up*. Setelah melewati daerah *build-up*, persentase dosis radiasi yang terjadi adalah menurun secara eksponensial. Berdasarkan peningkatan dan penurunan persentase dosis radiasi tersebut, pola kurva PDD yang terbentuk pada penelitian ini menyerupai pola kurva PDD pada penelitian Anam (2012) dan Ihya dkk. (2013).

$D_{maks}$  foton 6 MV berada pada kedalaman yang lebih rendah, yaitu 16,7 mm, sedangkan  $D_{maks}$  foton 10 MV berada pada kedalaman yang lebih tinggi, yaitu 25,1 mm. Hal ini sesuai dengan pernyataan Susworo (2007), yaitu jika energi yang digunakan untuk menghasilkan radiasi semakin besar maka akan semakin dalam pula daya penetrasi radiasi tersebut, sehingga  $D_{maks}$  akan berada pada kedalaman yang lebih tinggi. Begitu pula sebaliknya, ketika energi yang digunakan untuk menghasilkan radiasi semakin kecil, maka akan semakin kecil pula daya penetrasinya, sehingga menyebabkan  $D_{maks}$  berada pada kedalaman yang lebih rendah. Hal ini disebabkan karena radiasi yang dihasilkan dengan energi rendah akan lebih mudah terhambur dibandingkan radiasi yang dihasilkan dengan energi tinggi.

### 3.2 Profile Dose

Kurva *profile dose* menunjukkan hubungan antara dosis relatif (*relative dose*) terhadap luas lapangan (*field size*). Kurva *profile dose crossline* pada foton 6 MV dan 10 MV dengan lima variasi kedalaman dan telah memiliki interval data 0.1 mm dapat dilihat pada Gambar (3), sedangkan kurva *profile dose inline* pada foton 6 MV dan 10 MV dengan lima variasi kedalaman dan telah memiliki interval data 0.1 mm dapat dilihat pada Gambar (4).

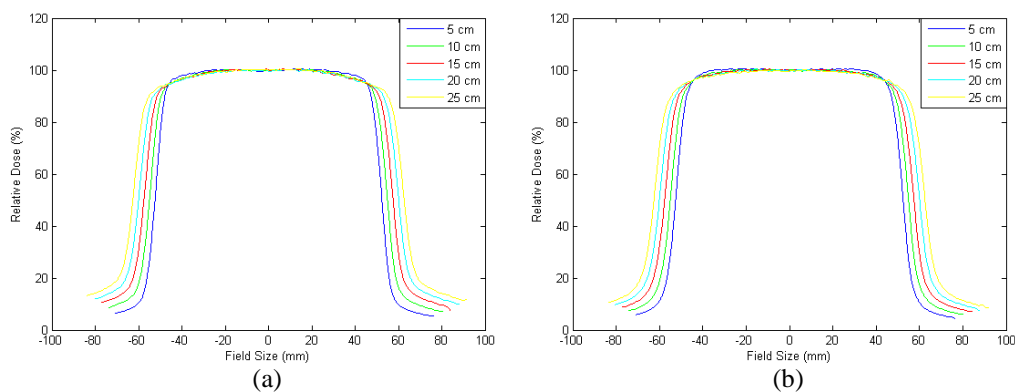


**Gambar 3** (a) Kurva *profile dose crossline* pada berkas foton 6 MV  
(b) Kurva *profile dose crossline* pada berkas foton 10 MV

Kurva *profile dose crossline* maupun kurva *profile dose inline* yang diperoleh pada penelitian ini bergantung pada besar energi dan kedalaman. Berdasarkan energi, nilai dosis relatif rata-rata *profile dose crossline* maupun *profile dose inline* pada foton 10 MV lebih besar dibandingkan dengan nilai dosis relatif rata-rata *profile dose* pada foton 6 MV di setiap titik lapangan. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan energi foton yang semakin besar menghasilkan dosis relatif yang lebih besar pula, sedangkan penggunaan energi foton yang lebih kecil menghasilkan dosis relatif yang semakin kecil. Pada penelitian Anam (2012), Ihya dkk. (2015), dan Prasetio dkk. (2017), hanya digunakan foton 6 MV, sehingga belum menjelaskan perbandingan nilai dosis relatif terhadap energi pada *profile dose*.

Kurva *profile dose crossline* maupun kurva *profile dose inline* yang dihasilkan menunjukkan bahwa variasi kedalaman juga mempengaruhi nilai dosis radiasi relatif yang diterima target

penyinaran. Ketika kedalaman target penyinaran semakin rendah, seperti pada kedalaman 5 cm, maka lebar distribusi dosis radiasi relatif terhadap luas lapangan yang dihasilkan menjadi lebih kecil. Begitu pula sebaliknya, ketika kedalaman target yang digunakan semakin tinggi seperti pada kedalaman 25 cm, maka lebar distribusi dosis radiasi relatif terhadap luas lapangan menjadi semakin besar. Hal ini dikarenakan kedalaman yang semakin tinggi menyebabkan semakin besar pula terjadinya radiasi hambur dan kedalaman yang semakin rendah menyebabkan semakin kecil terjadinya radiasi hambur. Berdasarkan penelitian Ihya dkk. (2015), radiasi hambur yang terbentuk disebabkan luas lapangan yang digunakan semakin besar. Namun, meskipun luas lapangan penyinaran yang digunakan dalam penelitian ini hanya satu jenis luas lapangan, variasi kedalaman juga mempengaruhi luas lapangan distribusi dosis radiasi relatif. Hal ini terjadi karena pada variasi kedalaman yang digunakan, nilai dosis radiasi relatif rata-rata menjadi semakin kecil ketika variasi kedalaman semakin tinggi. Jika ditinjau berdasarkan kurva PDD, persentase dosis radiasi menurun secara eksponensial ketika variasi kedalaman yang digunakan semakin tinggi dan telah melewati  $D_{maks}$ .

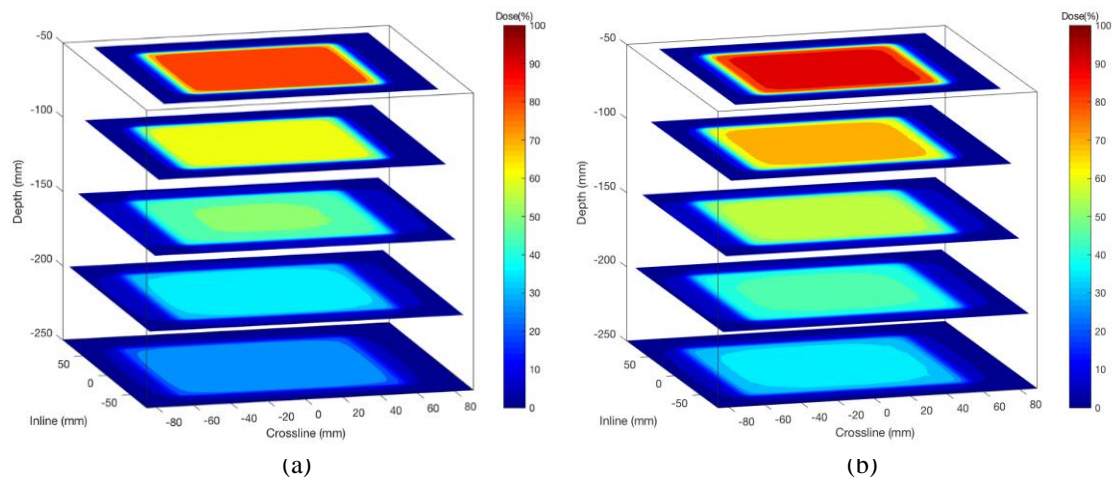


**Gambar 4** (a) Kurva *profile dose inline* pada berkas foton 6 MV  
(b) Kurva *profile dose inline* pada berkas foton 10 MV

### 3.3 Estimasi Dosis Radiasi 3D

Estimasi dosis radiasi dilakukan dengan menggunakan Matlab. Data yang digunakan untuk estimasi dosis radiasi tersebut adalah data PDD, *profile dose crossline*, dan *profile dose inline*. Warna pada gambar estimasi dosis radiasi merepresentasikan persentase dosis radiasi pada setiap titik permukaan terhadap variasi kedalaman. *Colourbar* yang terletak di samping gambar estimasi dosis radiasi menunjukkan tingkat persentase dosis radiasi berdasarkan warna. Angka variasi *depth* (kedalaman) pada gambar dituliskan dalam bilangan negatif. Bilangan negatif tersebut menunjukkan bahwa estimasi dosis radiasi yang dilakukan berada di bawah permukaan fantom. Variabel yang dipresentasikan pada sumbu-x adalah *crossline* atau luas lapangan pada sumbu-x, sedangkan variabel yang dipresentasikan pada sumbu-y adalah *inline* atau luas lapangan pada sumbu-y. Variabel yang dipresentasikan pada sumbu-z adalah *depth* atau nilai kedalaman dari permukaan fantom pada penyinaran.

Pola estimasi dosis radiasi yang dihasilkan menggunakan Matlab pada penelitian sudah menyerupai pola estimasi dosis radiasi pada TPS standar di Rumah Sakit Universitas Andalas. Hanya saja estimasi dosis radiasi yang dihasilkan pada TPS standar di Rumah Sakit Universitas Andalas memiliki luas lapangan distribusi dosis radiasi yang terbatas, yaitu  $7 \times 7 \text{ cm}^2$ , sedangkan estimasi dosis radiasi yang dihasilkan pada penelitian memiliki luas lapangan distribusi dosis radiasi berdasarkan luas lapangan distribusi dosis radiasi relatif pada *profile dose*. Luas lapangan distribusi dosis radiasi relatif pada *profile dose* tersebut dimulai dari  $73,5 \times 73,5 \text{ cm}^2$  untuk kedalaman 5 cm hingga  $87,5 \times 87,5 \text{ cm}^2$  untuk kedalaman 25 cm. *Profile dose crossline* dan *profile dose inline* memiliki luas lapangan distribusi dosis radiasi yang sama pada kedalaman yang sama.



**Gambar 5** (a) Estimasi dosis radiasi 3D foton 6 MV (b) Estimasi dosis radiasi 3D foton 10 MV

Nilai distribusi dosis radiasi antara estimasi dosis radiasi pada penelitian dan estimasi dosis radiasi pada TPS standar dibandingkan secara visual berdasarkan warna. Perbedaan nilai yang terlihat antara estimasi dosis radiasi pada penelitian dan estimasi dosis radiasi pada TPS standar disebabkan karena data PDD, *profile dose crossline*, dan *profile dose inline* yang digunakan oleh pihak rumah sakit merupakan data *baseline*, sedangkan data yang digunakan pada penelitian adalah data yang diambil secara langsung di lapangan. Data *baseline* merupakan data standar yang digunakan oleh Rumah Sakit Universitas Andalas dalam membuat estimasi dosis radiasi yang digunakan dalam TPS radioterapi.

#### IV. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pola estimasi dosis radiasi yang diperoleh pada penelitian sudah menyerupai pola estimasi dosis radiasi pada TPS standar di Rumah Sakit Universitas Andalas. Estimasi dosis radiasi 3D yang dihasilkan menunjukkan bahwa distribusi dosis radiasi akan semakin lebar dan nilai dosis radiasi menjadi semakin menurun seiring peningkatan kedalaman target penyinaran. Selain itu, penggunaan energi yang semakin tinggi menyebabkan nilai distribusi dosis radiasi yang dihasilkan juga semakin meningkat pada kedalaman yang sama.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Instalasi dan Staff Radioterapi Rumah Sakit Universitas Andalas yang telah menyediakan sarana prasarana dalam pengambilan data yang dibutuhkan, serta semua pihak yang telah turut membantu kelancaran penelitian ini. Terimakasih juga kepada Kemenristekdikti untuk dukungannya berupa bantuan dana penelitian sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

#### DAFTAR PUSTAKA

- American Cancer Society, *Cancer Facts & Figures 2017*, American Cancer Society, Inc., (Atlanta, 2017).
- Anam, C., Development of 2D Isodose Curve the PDD and Dose Profiles Using Matlab, *Proceeding iSPiNSA*, (Diponegoro University, Semarang, 2012).
- Ihya, F.N. Anam, C. dan Gunawan, V., Pembuatan Kurva Isodosis 2D dengan menggunakan kurva *percentage depth dose* (PDD) dan *profil dose* dengan variasi kedalaman untuk *Treatment Planning system*", *Jurnal Berkala Fisika* 4(16), hal. 131-138, (2013).
- Oncology Imaging System, 2020, <https://www.oncologyimaging.com/doseview-3d>, diakses Januari 2020.

- Podgorsak, E.B., *Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students*, (IAEA, Vienna 2005).
- Prasetio, H. Yohannes, I. dan Bert, C., Effect of Vero Pan-Tilt Motion on the Dose Distribution, *Journal of Applied Clinical Medical* 18(4), hal. 144-154, (2017).
- Susworo, R., *Dasar- Dasar Radioterapi*, UI Press, (Jakarta, 2007).