



## Analisis kurva *percentage depth dose* (PDD) menggunakan berkas elektron 9,12,15 dan 18 mev pada pesawat linac tipe clinac-cx di Rumah Sakit Universitas Andalas

Dian Milvita<sup>1\*</sup>, Nanang Sumitra<sup>1</sup>, Muhammad Al Jabbar Kanie<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Instalasi Radioterapi Universitas Andalas

\*e-mail: dianmilvita74@gmail.com

### Abstrak

*Quality Control* (QC) pada pesawat *linear accelerator* (LINAC) dilakukan dengan tujuan untuk memonitor performa visual dan uji kinerja pesawat. Salah satu QC yang dapat dilakukan pada Linac adalah pengukuran *percentage depth dose* (PDD). PDD merupakan persentase dari perbandingan dosis serap pada kedalaman tertentu terhadap dosis serap pada kedalaman maksimum. Pada penelitian ini telah dilakukan analisis kurva PDD menggunakan berkas elektron 9,12,15 dan 18 MeV pada pesawat LINAC tipe Clinac-CX di Rumah Sakit Universitas Andalas. Pengambilan data dilakukan pada kedalaman (0-30) cm, lapangan penyinaran (10x10) cm<sup>2</sup>, lapangan radiasi *no off-set*, *off-set 1 cm* dan *off-set 3 cm* menggunakan *blue phantom* dan detektor ion chamber. Protokol yang digunakan sebagai acuan adalah American Association of Physicists in Medicine (AAPM) TG-40 Report 46. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pengukuran PDD diperoleh hasil ketidakakuratan yang bervariasi antara 1,03% - 13,1%. Ketidakakuratan di atas 2% tidak sesuai standar AAPM TG-40. Ketidakakuratan terjadi pada energi 12 MeV pada posisi R100 dan R50 sebesar 3,43% dan 2,18%. Sementara itu pada energi 9 MeV dan 15 MeV ketidakakuratan terjadi pada posisi R50 dan R100 sebesar 3,01% dan 13,1%. Semakin bertambah energi berkas elektron maka semakin bertambah nilai PDD yang diterima fantom hingga mencapai kedalaman maksimum ( $Z_{maks}$ ). Nilai PDD mengalami penurunan seiring bertambahnya kedalaman setelah mencapai  $Z_{maks}$ . Nilai  $Z_{maks}$  pada setiap energi cenderung menurun pada lapangan off-set 1 cm dan off set 3 cm.

**Kata kunci:** elektron, *linear accelerator*, *percentage depth dose*,

### 1. Pendahuluan

LINAC merupakan pesawat yang dirancang untuk mempercepat pergerakan elektron secara linier sehingga dapat menghasilkan berkas foton dan elektron (Khan, 2003). Setiap pesawat LINAC yang digunakan pada radioterapi wajib dilakukan *Quality Control* (program kendali mutu). *Quality Control* tersebut bertujuan untuk memonitor performa visual dan uji kinerja dari LINAC sehingga kualitas keluaran berkasnya dapat dijamin. Salah satu *Quality Control* yang dilakukan yaitu dengan mengukur *Percentage Depth Dose* (PDD). PDD merupakan persentase dari perbandingan dosis serap pada kedalaman tertentu terhadap dosis serap pada kedalaman maksimum. Pengukuran PDD penting dilakukan karena berdasarkan kurva PDD dapat ditentukan kualitas berkas radiasi. Selain itu, dalam aplikasi medis PDD digunakan sebagai referensi dalam menentukan besarnya energi radiasi yang

akan digunakan untuk terapi (Podgorsak, 2005). Perhitungan PDD dapat dilihat pada Persamaan 1 (IAEA, 2012).

$$PDD = \frac{D_d}{D_{maks}} \times 100\%$$

dengan:

$D_d$  : dosis serap pada suatu kedalaman (Gy)

$D_{maks}$  : dosis serap pada kedalaman maksimum (Gy)

Beberapa penelitian tentang PDD telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Khiftiyah dkk (2014) telah melakukan analisis terhadap kurva PDD lapangan radiasi simetri dan asimetri pada LINAC Elekta Precise 5991 untuk energi foton 6 dan 10 MV. Hasil analisis menunjukkan terjadi perubahan nilai kedalaman PDD pada *off-set* lapangan penyinaran 5 cm yang disebabkan karena adanya *beam hardening*. Milvita dkk (2018) telah menganalisis kurva PDD terhadap

variasi kedalaman dan luas lapangan penyinaran menggunakan LINAC Tipe Clinac-CX untuk energi foton 6 dan 10 MV. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin bertambah kedalaman target maka semakin bertambah pula nilai dosis radiasi yang diterima fantom hingga mencapai kedalaman maksimum ( $Z_{maks}$ ). Setelah melewati  $Z_{maks}$  nilai dosis radiasi yang didapatkan cenderung menurun. Selanjutnya semakin bertambah luas lapangan penyinaran maka semakin bertambah pula nilai dosis radiasi yang didapatkan.

Padang dkk (2015) telah melakukan verifikasi PDD pesawat LINAC tipe HCX 5640 untuk berkas elektron 6, 9, 12, dan 15 MeV. Hasil verifikasi menunjukkan bahwa variasi energi berkas elektron berpengaruh pada jangkauan kedalaman penyinaran, semakin besar energi elektron maka jangkauannya akan lebih dalam dibandingkan energi yang lebih kecil. Semua berkas elektron memiliki tingkat ketidakakuratan yang bervariasi. Suharni dkk (2013) telah melakukan analisis pengukuran PDD berkas elektron LINAC tipe Electa untuk berkas 4, 6, 8, 10, 12 dan 15 MeV. Hasil analisis menunjukkan semakin tinggi energi berkas elektron maka penetrasi berkas elektron semakin dalam dan dosis permukaan semakin besar. Vadila dan Milvita (2018) telah menganalisis keluaran berkas elektron pada pesawat LINAC tipe Clinac-CX di rumah sakit Universitas Andalas. Hasil analisis menunjukkan keluaran berkas radiasi elektron telah sesuai dengan standar TRS 398 IAEA.

Pada penelitian ini dilakukan analisis kurva PDD menggunakan berkas elektron 9, 12, 15 dan 18 MeV untuk kedalaman (0-30) cm dengan luas lapangan radiasi *no off-set*, *off-set* 1 cm, dan 3 cm pada pesawat LINAC tipe Clinac-CX di Rumah Sakit Universitas Andalas.

## 2. Metode

Langkah-langkah dalam melakukan pengukuran PDD adalah sebagai berikut:

1. Pengukuran PDD dimulai dengan meletakkan *blue phantom* di bawah gantri LINAC dengan memosisikan

2. *Blue phantom* diisi *aquades* serta detektor *ionisasi chamber reference* dan *field* yang telah terpasang pada konektor *reference* dan *field* dihubungkan dengan CCU. Kemudian detektor *ionisasi chamber reference* diposisikan pada bagian sudut atas *blue phantom* sedangkan detektor *ionisasi chamber field* diposisikan pada bagian bawah (tengah *blue phantom*).
3. Aplikator dipasang pada kepala LINAC. Kemudian pergerakan detektor (sumbu x, y, dan z) diatur dan diverifikasi, jarak SSD 100 cm, dan luas lapangan ( $10 \times 10$ )  $\text{cm}^2$ .
4. Kabel LAN yang terpasang di CCU dihubungkan ke komputer yang terdapat *software* MyQA.
5. *Software* MyQA dibuka, kemudian dipilih *Queue Setup* maka akan tampil pilihan *depth dose*. *Depth dose* digunakan untuk mengukur PDD, pengukuran PDD menggunakan lapangan radiasi *no off-set*, *off-set* 1 cm dan *off-set* 3cm. Sebelum dilakukan pengukuran diisi terlebih dahulu *off-set*: 0 mm, *off-set*: -10 mm, *off-set*: -30 mm, *radiation type*: elektron, *energy*: 9 MeV, *field size*: ( $10 \times 10$ )  $\text{cm}^2$ , aplikator: ( $10 \times 10$ )  $\text{cm}^2$ , dengan kedalaman (0-30) cm dan *scan speed*: 10 mm/s. Setelah data selesai di masukkan dipilih *add item to Queue*. Kemudian dipilih *measurement* dan *start*.
6. Penyinaran dilakukan (*Beam on*). Hasil pengukuran PDD akan terlihat pada komputer dalam bentuk kurva ketika detektor sudah mulai bergerak dari dasar sampai ke permukaan.
7. Prosedur 5 dan 6 diulangi untuk energi 12, 15 dan 18 MeV.
8. Kemudian data tersebut dikonversi dan diolah menggunakan Origin Pro8.
9. Bentuk kurva PDD dan nilai  $Z_{maks}$  dianalisis, sehingga dapat dilihat pola atau perubahan yang terjadi akibat pengaruh variasi lapangan radiasi elektron yang diberikan. Kemudian dari kurva PDD tersebut dapat ditentukan

parameter dosimetri berkas elektron pada setiap energi.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengukuran PDD dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2. Hasil pengukuran di-plot pada Gambar 1. Tabel 1 menunjukkan lapangan radiasi *no off-set*, *off-set* 1 cm dan *off-set* 3 cm mempengaruhi kedalaman maksimum. Penurunan nilai  $Z_{maks}$  untuk setiap lapangan radiasi elektron dikarenakan posisi *blue phantom* tidak

berada pada titik isosenter pada saat penyinaran. Akibatnya, terjadi peningkatan kontribusi radiasi hambur pada sumbu utama sehingga dosis permukaan *blue phantom* tidak merata. Tabel 2 menunjukkan parameter dosimetri yang diperoleh dari hasil pengukuran PDD pada komputer, sementara itu parameter dosimetri acuan diperoleh dari data pabrikan alat LINAC. Berdasarkan parameter dosimetri diperoleh deviasi kesalahan.

**Tabel 1.** Hasil Pengukuran PDD Menggunakan Lapangan Radiasi Elektron

Energi (MeV)	Off-set (cm)	$Z_{maks}$ (mm)
9	<i>no off-set</i>	21,4
	<i>off-set</i> 1	19,1
	<i>off-set</i> 3	19
12	<i>no off-set</i>	30,1
	<i>off-set</i> 1	25,1
	<i>off-set</i> 3	25
15	<i>no off-set</i>	30,1
	<i>off-set</i> 1	22,5
	<i>off-set</i> 3	20,2
18	<i>no off-set</i>	19,2
	<i>off-set</i> 1	15,4
	<i>off-set</i> 3	14,1

**Tabel 2.** Parameter Dosimetri pada Lapangan Radiasi *No Off-set*

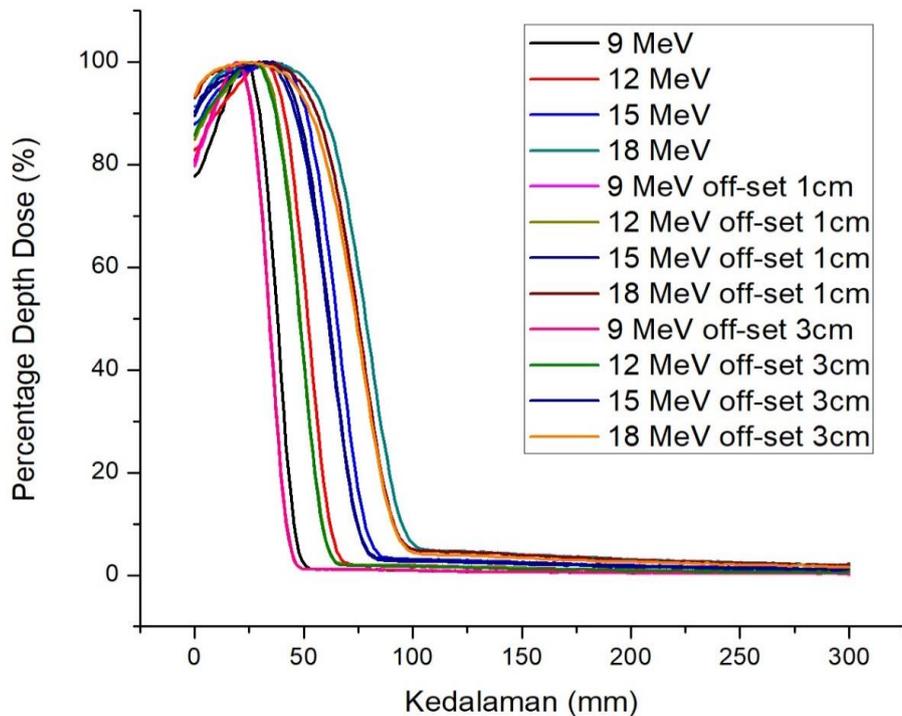
Energi (MeV)	Posisi	Kedalaman (cm)		Deviasi Kesalahan (%)
		Penelitian	Acuan	
9	R100	21,4	21,8	1,83
	R50	37,6	36,5	3,01
	Rp	45,8	44,9	2
12	R100	30,1	29,1	3,43
	R50	51,4	50,3	2,18
	Rp	62,5	61,4	1,79
15	R100	30,1	26,6	13,1
	R50	64,3	63,4	1,41
	Rp	78,2	77	1,55
18	R100	19,2	19,4	1,03
	R50	76,9	75,7	1,58
	Rp	94,9	93,2	1,82

Nilai deviasi kesalahan pada energi 9 MeV untuk parameter posisi R100, R50 dan Rp adalah 1,83%, 3,01% dan 2%. Deviasi kesalahan pada R50 yang diperoleh tidak sesuai dengan batas toleransi yang diberikan, sedangkan untuk parameter lainnya deviasi kesalahan pada R100 dan R50 telah sesuai dengan batas toleransi yang diberikan.

Pada energi 12 MeV diperoleh deviasi kesalahan untuk parameter posisi R100, R50 dan Rp yaitu 3,43%, 2,18% dan 1,79%. Deviasi kesalahan pada R100 dan R50 yang diperoleh tidak sesuai dengan batas toleransi yang diberikan, sedangkan untuk parameter Rp telah sesuai dengan batas toleransi yang diberikan.

Pada energi 15 MeV diperoleh deviasi kesalahan untuk parameter posisi R100, R50 dan Rp yaitu 13,1%, 1,41%, 1,55%. Pada R100 tidak sesuai dengan batas toleransi yang diberikan yaitu 2%. Hal ini dikarenakan energi pada data acuan memiliki kenaikan yang lebih cepat jika dibandingkan dengan data yang diperoleh dari hasil penelitian.

Pada energi 18 MeV untuk semua parameter memenuhi standar yang ditetapkan yaitu 2%. Hal ini dikarenakan kenaikan energi antara data acuan dan data hasil penelitian tidak berbeda secara signifikan.



**Gambar 1.** Kurva PDD untuk Lapangan Radiasi *No Off-set, Off-set 1 cm, Off-set 3 cm*

Gambar 1 menunjukkan kurva PDD untuk lapangan radiasi *no off-set, off-set 1 cm* dan *off-set 3 cm* untuk semua energi. Semakin bertambah energi berkas elektron maka semakin bertambah nilai PDD yang diterima fantom sampai mencapai kedalaman maksimum ( $Z_{maks}$ ). Setelah mencapai  $Z_{maks}$ , persentase dosis radiasi yang

diterima fantom mengalami penurunan seiring bertambahnya kedalaman. Nilai  $Z_{maks}$  meningkat disebabkan adanya daerah *build up*. Daerah *build up* merupakan daerah dari permukaan sampai dosis maksimum. Daerah ini terjadi karena tumbukan keras antara berkas elektron dengan elektron atom medium. Jika elektron atom menyerap

energi lebih tinggi dari energi ikatnya maka atom mengalami ionisasi. Elektron yang keluar akibat tumbukan keras tersebut memiliki kecepatan tinggi yang turut memberikan kontribusi kenaikan dosis radiasi pada daerah *build up*. Pada energi elektron rendah, *build up* lebih curam dibandingkan dengan energi berkas elektron tinggi. Hal ini dikarenakan pada energi rendah, berkas elektron lebih mudah terhambur sehingga persentase dosis permukaan energi terjadi pada kedalaman yang lebih rendah. Kurva PDD yang diperoleh pada penelitian ini memiliki pola yang sama dengan hasil penelitian Suharni dkk (2013) dan Padang dkk (2015).

#### 4. Simpulan

Pada pengukuran PDD diperoleh hasil ketidakakuratan yang bervariasi antara 1,03% - 13,1%. Ketidakakuratan di atas 2% tidak sesuai standar American Association of Physicists in Medicine (AAPM) TG-40. Semakin bertambah energi berkas elektron maka semakin bertambah nilai PDD yang diterima pada fantom hingga mencapai kedalaman maksimum ( $Z_{maks}$ ). Nilai PDD mengalami penurunan seiring bertambahnya kedalaman setelah mencapai  $Z_{maks}$ . Nilai  $Z_{maks}$  pada setiap energi cenderung menurun pada lapangan off-set 1 cm dan off set 3 cm. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengukuran PDD pada energi 4 dan 6 MeV serta menambah variasi lapangan radiasi off-set.

#### Daftar Pustaka

- American Association of Physicists in Medicine. 1994. *Comprehensive QA for Radiation Oncology; Report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group-40*, Medical Physics. New York.
- IAEA. 2000. *Technical Report Series No.398-Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy*. Vienna: IAEA.
- IAEA. 2012. *Electron Beams: Physical and Clinical Aspek*s. Vienna: IAEA.
- Khan, F.M. 2003. *The Physics of Radiation Therapy*. New York: Lippincott Williams and Wilkins.
- Khiftiyah, M., Hidayanto E., dan Arifin Z. 2014. Analisa Kurva Percentage Depth Dose (PDD) dan Profile Dose Untuk Lapangan Radiasi Simetri dan Asimetri Pada Linier Accelerator (LINAC) 6 dan 10 MV. *Youngster Physics Journal*, 3 (4), 279 – 286.
- Milvita, D., Mahyudin, A., dan Alvionita, V. 2018. Analisis Nilai Percentage Depth Dose (PDD) terhadap Variasi Kedalaman Target dan Luas Lapangan Penyinaran Menggunakan Pesawat Linac CX. *Komunikasi Fisika Indonesia*, 15 (2), 1253-1257.
- Padang, J.M., Dewang, S., dan Arminyah, B. 2015. *Verifikasi Percentage Depth Dose (PDD) dan Profile Dose Pesawat Linear Accelerator (LINAC) Berkas Elektron 6 MeV, 9 MeV, 12 MeV dan 15 MeV Menggunakan Water Phantom*. Repository Unhas, 1-8.
- Podgorsak, E.B. 2005. *Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students*. Vienna: IAEA.
- Suharni, Kusminarto, dan Anggraita, P., 2013. Analisis Hasil Pengukuran Percentage Depth Dose (PDD) Berkas Elektron LINAC Elekta RSUP DR.Sardjito. *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Teknologi Akselerator dan Aplikasinya*, Yogyakarta.
- Vadila, M. dan Milvita, D., 2018. Analisis Keluaran Berkas Elektron Pesawat Terapi Varian CX-6264 di Rumah Sakit Universitas Andalas. *Jurnal Fisika Unand*, 7 (2), 91-96