

## Verifikasi Dosis Radiasi Teknik Penyinaran 3D-CRT pada Pasien Kanker Payudara Menggunakan Film EBT3 di Rumah Sakit UNAND

Andrea Wessha<sup>1</sup>, Dian Milvita<sup>1</sup>, Muhammad Ilyas<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Rumah Sakit Universitas Andalas, Padang

### Info Artikel

#### Histori Artikel:

Diajukan: 04 Februari 2021

Direvisi: 08 Februari 2021

Diterima: 15 Februari 2021

#### Kata kunci:

3D-CRT

film EBT3

kanker payudara

TPS

verifikasi dosis radiasi

#### Keywords:

3D-CRT

film EBT3

breast cancer

TPS

verification of dose radiation

#### Penulis Korespondensi:

Andrea Wessha

Email: [andrewessha7@gmail.com](mailto:andrewessha7@gmail.com)

### ABSTRAK

Verifikasi dosis radiasi teknik penyinaran *Three-Dimensional Conformal Radiation Therapy* (3D-CRT) pada pasien kanker payudara telah dilakukan menggunakan film EBT3. Verifikasi dosis radiasi dilakukan di Rumah Sakit Universitas Andalas selama Agustus sampai September 2020. Pengukuran dosis radiasi menggunakan film EBT3 dilakukan untuk memverifikasi dosis radiasi terukur dengan *Treatment Planning System* (TPS) berdasarkan protokol *International Atomic Energy Agency* (IAEA) *Technical Report Series* (TRS) 398. Nilai dosis radiasi terukur diamati pada setiap lapangan penyinaran yaitu *chest-wall* dan *supraclave*. Verifikasi dosis radiasi dari penyinaran dosis radiasi yang terukur menggunakan film EBT3 mendapatkan nilai dosis radiasi yang lebih tinggi dari dosis radiasi TPS. Nilai dari pengukuran dosis radiasi menunjukkan dosis radiasi terukur pada lapangan penyinaran *chest-wall* cenderung tinggi jika dibandingkan dengan dosis radiasi terukur pada lapangan penyinaran *supraclave*. Hasil pengukuran dosis radiasi yang tinggi pada lapangan penyinaran *chest-wall* disebabkan adanya penggunaan bolus. Berdasarkan hasil pengukuran dosis radiasi tersebut verifikasi dosis radiasi berdasarkan TRS 398 tidak terpenuhi. Diskrepansi dosis radiasi terukur pada setiap pengukuran melebihi standar toleransi TRS 398 yaitu (0-5)%.

*Dose verification of Three-Dimensional Conformal Radiation Therapy (3D-CRT) for breast cancer patient has been conducted using film EBT3. The dose radiation had been verified in Andalas University Hospital from August to September in 2020. Dose radiation measurement using film EBT3 has been verified the dose radiation of Treatment Planning System (TPS) based on International Atomic Energy Agency (IAEA) Technical Report Series (TRS) 398. The measurable of dose radiation has been observed for chest-wall and supraclave. It was shown that the value of measurable dose radiation is higher than dose radiation in the TPS. The value of dose radiation measurement between chest-wall and supraclave showed different pattern. Measurable dose radiation on Chest-wall is tend to higher value than on supraclave. This pattern is may be due to that radiation treatment on chest-wall was using bolus. Furthermore, the dose radiation discrepancy using film EBT3 exceed the standard limitation base on TRS 398. Thus, the dose verification using film EBT3 is not properly enough for breast cancer patient.*

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

## I. PENDAHULUAN

Kanker payudara (*Carcinoma Mammæ*) menjadi salah satu jenis penyakit kanker dengan jumlah penderita tertinggi di Indonesia (Kemkes, 2019). Kanker payudara pada umumnya diobati dengan radioterapi. Radioterapi atau terapi radiasi adalah tindakan medis yang memanfaatkan radiasi pengion untuk mematikan sel kanker sebanyak mungkin dengan kerusakan sel normal seminimal mungkin. Dalam tatalaksana pengobatan kanker payudara, radioterapi merupakan modalitas penting (Kemenkes, 2013). Radioterapi pada kanker payudara dapat diberikan dalam bentuk teleterapi. Teleterapi merupakan pengobatan yang menggunakan sumber radiasi yang berada pada jarak tertentu. Linac adalah salah satu pesawat teleterapi yang dirancang untuk mempercepat pergerakan elektron secara linier sehingga dapat menghasilkan berkas elektron dan foton. Berkas elektron digunakan untuk menyinari kasus kanker kulit, sedangkan berkas foton biasanya digunakan untuk menyinari kanker yang berada di dalam jaringan tubuh misalnya kanker serviks, kanker nasofaring, dan kanker payudara. Dalam kasus kanker payudara, Linac menggunakan berkas foton 6 MV yang memiliki kedalaman penyinaran  $\pm 1,5$  cm. Kedalaman penyinaran pada berkas foton 6 MV sesuai dengan posisi target radiasi kanker payudara yang berada pada rentang jarak (0,5-1) cm (Kemenkes, 2013).

Penggunaan Linac dalam pengobatan kanker berpotensi memberikan dosis radiasi yang tidak sesuai dengan dosis radiasi perencanaan sehingga diperlukan verifikasi. Verifikasi dosis radiasi bertujuan untuk memastikan dosis radiasi yang diberikan kepada pasien sudah tepat dan sesuai dengan dosis radiasi perencanaan pada *Treatment Planning System* (TPS). TPS adalah perangkat lunak yang digunakan untuk menggambar dan menghitung distribusi dosis radiasi yang akan diberikan ke pasien.

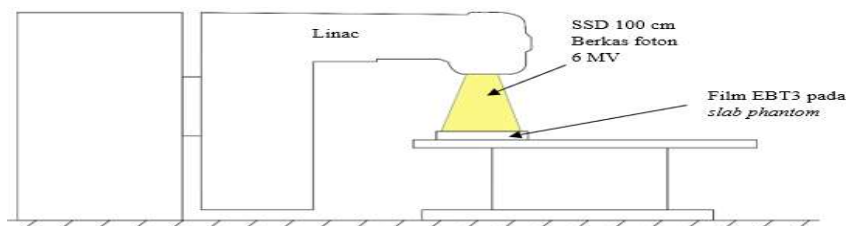
Pengukuran distribusi dosis radiasi dalam radioterapi dapat dilakukan menggunakan film *radiochromic*. Film *radiochromic* merupakan dosimeter pasif yang telah berhasil diaplikasikan dalam pengukuran dosis radiasi pada radioterapi eksternal. Film *GafChromic* EBT merupakan salah satu jenis film *radiochromic* terbaru yang dapat mengukur dosis radiasi untuk sumber berkas foton, elektron dan proton. Film *GafChromic* EBT yang selanjutnya disebut film EBT telah meminimalkan kekurangan film tipe variasi sebelumnya (Battum, 2017). Film EBT diketahui tidak membutuhkan proses kimia dalam pembacaan hasil pengukuran dosis radiasi, memiliki resolusi spasial tinggi, dan mempunyai nomor atom efek yang setara dengan jaringan sehingga film EBT sangat sesuai digunakan untuk mengukur dosis radiasi pada radioterapi.

Penelitian mengenai film EBT telah dilakukan oleh Sim dkk (2013), Borca dkk (2014), Nalbant dkk (2014) dan Ulya (2016). Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan, film EBT3 telah berhasil diaplikasikan dalam memverifikasi dosis radiasi pada perencanaan terapi kanker. Film EBT3 memiliki keunggulan yang dapat dijadikan landasan dasar untuk mengaplikasikannya dalam pengukuran dosis radiasi pada pasien kanker yang menjalani terapi. Ketidaktepatan pemberian dosis radiasi saat terapi berdampak pada keberhasilan terapi serta jaringan sehat di sekitar kanker yang dapat mengakibatkan efek berbahaya pada pasien. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian verifikasi dosis radiasi terhadap terapi pasien kanker menggunakan film EBT3. Penelitian verifikasi dosis radiasi dapat dilakukan di Rumah Sakit Universitas Andalas (RS Unand). RS Unand memiliki banyak pasien kanker payudara yang menjalani terapi 3D-CRT di Instalasi Radioterapi. Verifikasi dosis radiasi akan dievaluasi berdasarkan standar protokol *Technical Report Series* (TRS) 398. Protokol TRS 398 merekomendasikan bahwa dosis radiasi yang diterima oleh pasien kanker memiliki toleransi kesalahan (0-5)%

## II. METODE

Penelitian dilakukan pada lima pasien kanker payudara yang menjalani terapi 3D-CRT di Rumah Sakit Universitas Andalas. Pengambilan data dimulai dengan kalibrasi film EBT3. Kalibrasi berkas foton pada film EBT3 telah dilakukan untuk memastikan nilai dosis radiasi yang terukur oleh film EBT3 sama dengan nilai dosis radiasi TPS. Kalibrasi film EBT3 dilakukan pada berkas keluaran foton 6 MV menggunakan variasi dosis radiasi *Treatment Planning System* atau dosis radiasi TPS yaitu (50, 120, 200, 290, 390, dan 500) cGy. Nilai variasi dosis radiasi yang digunakan untuk kalibrasi film EBT3 diujikan pada masing-masing potongan film EBT3. Setelah kalibrasi film EBT3, dilanjutkan pengukuran dosis radiasi pada pasien kanker payudara. Dosis radiasi diukur saat pasien sedang menjalani terapi. Pengukuran dosis radiasi dilakukan dengan meletakkan potongan film EBT3

berukuran (2,5x3) cm pada lapangan penyinaran. Pengukuran dilakukan pada kedua lapangan penyinaran yaitu *chest-wall* dan *supraclave*.



**Gambar 1** Skema Kalibrasi Film EBT3

Film EBT3 yang telah disinari pada saat terapi pasien kanker, dilanjutkan pembacaan film EBT3 menggunakan *software FilmQA Pro*. Hasil pembacaan film EBT3 yang didapatkan berupa nilai distribusi dosis radiasi terukur yang tersebar pada tiap pixel film EBT3 dalam satuan cGy. Nilai dosis radiasi terukur kemudian dievaluasi berdasarkan *Technical Report Series (TRS) 39* menggunakan diskrepansi dosis radiasi. Diskrepansi dosis radiasi diperoleh menggunakan persamaan:

$$\text{Diskrepansi Dosis Radiasi} = \frac{D_{\text{terukur}} - D_{\text{TPS}}}{D_{\text{TPS}}} \times 100\% \quad (1)$$

### III. HASIL DAN DISKUSI

#### 3.1 Kalibrasi film EBT3

Hasil kalibrasi film EBT3 dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1, hasil pembacaan film EBT3 yaitu dosis radiasi terukur memiliki nilai yang hampir seragam dengan dosis radiasi TPS. Keseragaman kedua dosis radiasi terlihat untuk seluruh variasi dosis yang radiasi yang diujikan. Keseragaman kedua nilai dosis radiasi ditunjukkan pada nilai rata-rata diskrepansi dosis radiasi yang diperoleh dari pembacaan dosis radiasi pada film EBT3 dan dosis radiasi TPS yaitu sebesar 2,82%. Nilai diskrepansi dosis radiasi rata-rata yang rendah menunjukkan bahwa hasil pengukuran film EBT3 berada dalam toleransi *Technical Report Series (TRS) 398* yaitu sebesar (0-5)%.

**Tabel 1** Hasil kalibrasi film EBT3

Dosis Radiasi TPS (cGy)	Dosis Radiasi Terukur (cGy)	Diskrepansi Dosis Radiasi (%)
500	508,25	1,65
390	387,57	0,62
290	282,38	2,63
200	199,25	0,37
120	120,32	0,27
50	55,69	11,38
Diskrepansi Dosis Radiasi rata-rata		2,82

Nilai diskrepansi dosis radiasi yang besar pada dosis radiasi 50 cGy menunjukkan ketidakakuratan pengukuran dosis radiasi menggunakan film EBT3 pada dosis radiasi di bawah 100 cGy. Hasil ketidakakuratan pengukuran dosis radiasi 50 cGy menunjukkan hasil penelitian ini tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian Ulya (2016). Penelitian Ulya (2016) menunjukkan sensitivitas film EBT3 konstan ketika diberikan dosis radiasi lebih dari 100 cGy.

#### 3.2 Pengukuran Dosis Radiasi Menggunakan Film EBT3

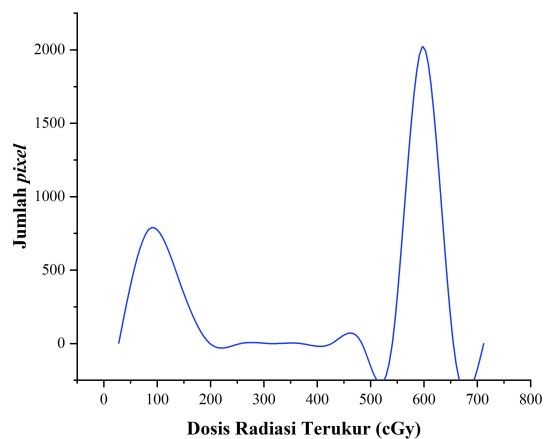
##### 3.2.1 Pengukuran Dosis Radiasi pada Lapangan *Chest-wall*

Pengukuran dosis radiasi pada lapangan *chest-wall* telah dilakukan pada 5 pasien kanker payudara menunjukkan nilai yang berbeda dari dosis radiasi TPS. Hasil pengukuran dosis radiasi pada lapangan *chest-wall* dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil pengukuran dosis radiasi menunjukkan nilai rata-rata dosis radiasi pada lapangan *chest-wall* seluruh pasien adalah 421,78 cGy dengan standar deviasi rata-rata sebesar 153,69 cGy. Nilai dosis radiasi dari film EBT3 ini sangat jauh berbeda dengan nilai dosis radiasi TPS yaitu sebesar 200 cGy.

**Tabel 2** Hasil pengukuran dosis radiasi lapangan *chest-wall*

Inisial Pasien	Treatment ke-	Dosis Radiasi Terukur (cGy)	Standar Deviasi (cGy)
Ftr	1	286,14	197,43
	2	428,53	198,82
	3	399,12	199,39
Rsdwt	1	561,64	166,80
	2	476,84	115,33
	3	386,76	117,36
Ttk	1	598,92	110,91
	2	422,48	247,46
	3	430,35	250,04
Vnc	1	581,54	81,13
	2	443,15	97,82
Ylza	1	165,55	88,85
	2	302,05	126,63
Nilai Rata-rata		421,78	153,69

Pengukuran dosis radiasi TPS menggunakan film EBT3 menunjukkan variasi pengukuran dosis radiasi pada tiap pasien. Nilai rata-rata dosis radiasi tertinggi yang didapat dalam pengukuran dosis radiasi pada lapangan *chest-wall* adalah 598,92 cGy dengan standar deviasi 110,91 cGy, sedangkan nilai dosis radiasi terendah adalah 165,55 cGy dengan standar deviasi sebesar 88,85 cGy. Beberapa hasil pengukuran dosis radiasi terukur menunjukkan nilai yang lebih kecil dari dosis radiasi TPS, dimana nilai dosis radiasi terukur dominan lebih besar dari dosis radiasi TPS.



**Gambar 2** Grafik pengukuran ke-3 pasien Ttk

Nilai standar deviasi tertinggi didapatkan pada kasus pengukuran dosis radiasi yang ke-3 pasien Ttk. Standar deviasi yang didapatkan pada pengukuran dosis radiasi Pasien Ttk yaitu sebesar 250,04 cGy. Hasil pengukuran distribusi dosis radiasi ke-3 pasien Ttk dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2 distribusi dosis radiasi pada pengukuran ke-3 pasien Ttk mengikuti bentuk distribusi Gaussian dengan dua buah puncak. Dua buah puncak yang terbentuk pada grafik mengindikasikan bahwa distribusi dosis radiasi tidak normal atau tidak seragam, dimana distribusi dosis radiasi cenderung menuju pada kedua nilai dosis radiasi sebesar 85 cGy dan 598 cGy sebagai pusat penyebaran nilai. Adanya dua nilai dosis radiasi sebagai pusat penyebaran nilai pada grafik, menjelaskan standar deviasi pengukuran yang tinggi pada pengukuran.

### 3.2.2 Pengukuran Dosis Radiasi pada Lapangan *Supraclave*

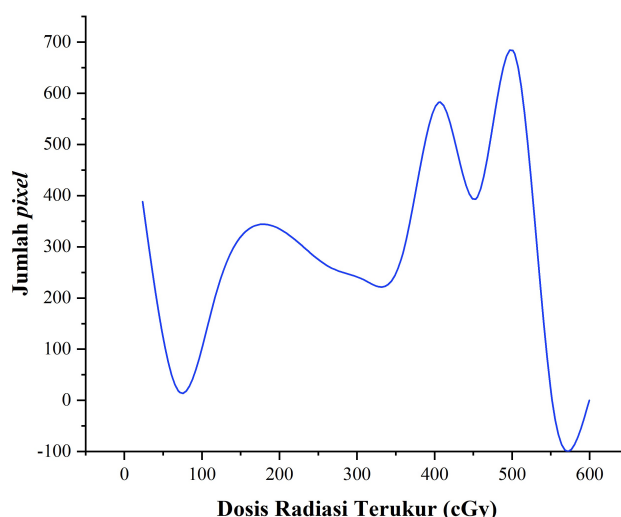
Seluruh hasil pengukuran dosis radiasi pada lapangan *supraclave* menunjukkan nilai yang berbeda dari nilai dosis radiasi TPS. Hasil pengukuran dosis radiasi pada lapangan *supraclave* dapat dilihat pada Tabel 3. Hasil pengukuran dosis radiasi menunjukkan nilai rata-rata dosis radiasi pada lapangan *supraclave* seluruh pasien adalah 295,94 cGy dengan standar deviasi rata-rata sebesar 85,99 cGy. Nilai dosis radiasi yang terukur pada lapangan *supraclave* sangat jauh berbeda dengan nilai dosis radiasi TPS yaitu sebesar 200 cGy.

**Tabel 3** Hasil pengukuran dosis radiasi pada lapangan *supraclave*

Inisial Pasien	Treatment ke-	Dosis Radiasi Terukur (cGy)	Standar Deviasi (cGy)
Ftr	1	288,89	73,72
	2	249,87	114,68
	3	333,51	83,50
Rsdwt	1	371,23	62,17
	2	413,51	110,89
	3	322,06	166,74
Ttk	1	283,07	39,70
	2	299,49	121,51
	3	304,03	71,96
Vnc	1	259,90	59,84
	2	152,04	91,11
Ylza	1	270,59	50,57
	2	293,24	71,55
Rata-rata		295,49	85,99

Nilai dosis radiasi terukur lapangan *supraclave* lebih mendekati nilai dosis radiasi TPS dibandingkan nilai dosis radiasi terukur lapangan *chest-wall*. Perbedaan dosis radiasi terukur tersebut menunjukkan adanya pengaruh penggunaan bolus pada pengukuran dosis radiasi yang diterima pasien dari penyinaran Linac. Bolus yang berada pada permukaan tubuh pasien memungkinkan terjadinya celah udara antara bolus dengan permukaan tubuh, dimana pada celah udara tersebut mengubah bentuk distribusi dosis radiasi. Perubahan distribusi dosis radiasi tersebut berdampak pada penurunan dan kenaikan nilai dari distribusi dosis radiasi. Celah udara yang terjadi antara bolus dan tubuh pasien memungkinkan dosis radiasi dan standar deviasi pada lapangan *chest-wall* tinggi daripada lapangan *supraclave*. Rendahnya nilai rata-rata standar deviasi pengukuran pada lapangan *supraclave* menunjukkan pengukuran lebih akurat dibandingkan lapangan *chest-wall*.

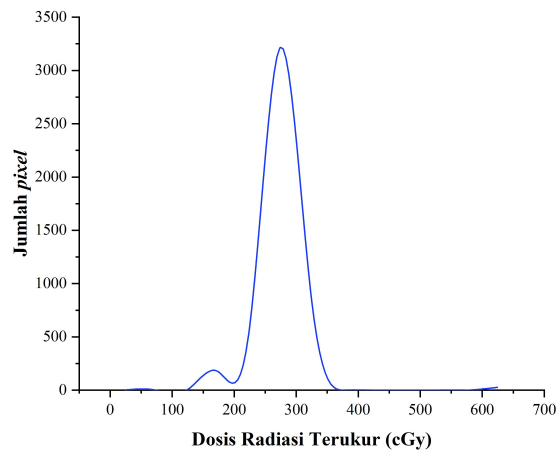
Distribusi dosis radiasi dari hasil pengukuran dosis radiasi pada lapangan *supraclave* menunjukkan standar deviasi pengukuran dosis radiasi yang bervariasi tiap pasien. Standar deviasi pengukuran tertinggi didapatkan pada kasus pengukuran dosis radiasi ke-3 pasien Rsdwt yaitu sebesar 166,736 cGy. Hasil pengukuran dosis radiasi pasien ke-3 pada pasien Rsdwt dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3** Grafik pengukuran pasien Rsdwt

Berdasarkan Gambar 3 distribusi dosis radiasi tidak seragam karena grafik menunjukkan bentuk yang tidak simetris dengan banyak puncak. Banyaknya puncak menunjukkan distribusi dosis radiasi pengukuran memiliki banyak pusat penyebaran nilai sehingga berdampak pada standar deviasi pengukuran yang tinggi.

Nilai standar deviasi pengukuran terendah didapatkan pada kasus pengukuran dosis radiasi ke-1 pasien Ttk. Standar deviasi pengukuran yang didapatkan pada pengukuran dosis radiasi ke-1 pasien Ttk yaitu sebesar 39,7 cGy. Hasil pengukuran dosis radiasi ke-1 pasien Ttk dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4** Grafik pengukuran ke-1 pasien Ttk

Berdasarkan Gambar 4 distribusi dosis radiasi pengukuran mengikuti bentuk Gaussian dengan satu pusat penyebaran nilai, yaitu dosis radiasi sebesar 274,5 cGy. Pusat penyebaran nilai pada grafik menunjukkan hasil yang berbeda dengan dosis radiasi terukur pada Tabel 3, hal ini terjadi karena bentuk puncak pada grafik tidak simetris yang menandakan distribusi dosis radiasi tidak seragam.

Hasil pengukuran dosis radiasi pada lapangan *supraclave* dan *chest-wall* menunjukkan nilai dosis radiasi terukur yang lebih baik pada penyinaran lapangan *supraclave*, namun hasil pengukuran dosis radiasi lapangan *supraclave* masih menunjukkan diskrepansi dosis radiasi yang sangat tinggi. Diskrepansi dosis radiasi yang sangat tinggi menunjukkan dosis radiasi terukur dalam penelitian tidak sesuai dengan batas toleransi yang ditetapkan oleh IAEA dalam TRS 398 yaitu (0-5)%. Hasil perhitungan diskrepansi dosis radiasi pada seluruh pasien dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4** Diskrepansi dosis radiasi

Inisial Pasien	Treatment ke-	Diskrepansi Dosis Radiasi (%)	
		Chest-wall	Supraclave
Ftr	1	286,14	288,89
	2	428,53	249,87
	3	399,12	333,51
Rsdwt	1	561,64	371,23
	2	476,84	413,51
	3	386,76	322,06
Ttk	1	598,92	283,07
	2	422,48	299,49
	3	430,35	304,03
Vnc	1	581,54	259,90
	2	443,15	152,04
Ylza	1	165,55	270,59
	2	302,05	293,24
Rata-rata		421,78	295,49

Hasil penelitian yang didapatkan sangat berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang telah melakukan pengukuran dosis radiasi menggunakan film EBT3. Penelitian Borca dkk. (2013) dan Nalbant dkk. (2014) melakukan pengukuran dosis radiasi perencanaan terapi menggunakan film EBT3 pada fantom mendapatkan hasil diskrepansi dosis radiasi bernilai kecil yaitu kurang dari 10%. Hasil pengukuran dosis radiasi yang baik tersebut kemungkinan disebabkan dalam kedua penelitian tersebut menggunakan fantom sebagai media peletakkan film EBT3. Penggunaan fantom

dalam penelitian mempermudah peletakkan film EBT3 dekat dengan posisi target kanker sehingga menghasilkan pengukuran dosis radiasi yang akurat, berbeda dengan penelitian yang dilakukan film EBT3 diposisikan pada permukaan tubuh manusia. Peletakkan film EBT3 pada permukaan tubuh manusia dalam kasus kanker payudara, memungkinkan terjadinya *hot spot*. *Hot spot* merupakan volume diluar *plan target volume* (PTV) yang menerima dosis radiasi lebih besar dari 100% dari dosis radiasi PTV atau dosis radiasi TPS (ICRU 50). *Hot spot* menjelaskan hasil pengukuran dosis radiasi menggunakan film EBT3 yang cenderung tinggi dalam penelitian jika dibandingkan dari dosis radiasi TPS.

#### IV. KESIMPULAN

Pengukuran dosis radiasi dari seluruh pasien baik lapangan penyinaran *chest-wall* dan *supraclave* menunjukkan dosis radiasi terukur berbeda dengan dosis radiasi TPS. Perbedaan dosis radiasi terukur cenderung tinggi terjadi pada lapangan penyinaran *chest-wall* dibandingkan lapangan penyinaran *supraclave*, perbedaan tersebut dikarenakan adanya penggunaan bolus yang menyebabkan kenaikan dosis radiasi terukur. Verifikasi dosis radiasi pada seluruh pengukuran berdasarkan protokol Technical Report Series 398 (TRS 398) tidak terpenuhi.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Instalasi Radioterapi Rumah Sakit Universitas Andalas, Padang yang telah menyediakan sarana dan prasarana sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik, dan terima kasih untuk semua pihak yang telah membantu kelancaran penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Battum, L.V., 2017, *Film Dosimetry : Past and Future*, Ridderprint BV, Amsterdam.
- Borca, C.V., Pasquino, M., Russo, G., Grosso, P., Cante, D., Sciacero, P., Girelli G., Porta, M.R.L., Tofani, S. 2013, 'Dosimetric Characterization and Use of GAFCHROMIC EBT3 Film for IMRT Dose Verification', *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, vol 14, no. 2, pp. 158-171.
- Kemkes 2013, Panduan Penatalaksanaan Kanker Payudara, Kementerian Kesehatan, Komite Penanggulangan Kanker Nasional, Komite Penanggulangan Kanker Nasional, *viewed 20 December 2019*, <<http://kanker.kemkes.go.id>>
- Kemkes 2019, Hari Kanker Sedunia 2019, Biro Komunikasi dan Pelayanan Masyarakat, *viewed 20 October 2020*, <<http://www.kemkes.go.id>>
- Nalbant, N., Donmez, K.N., Hatice, B. 2014, 'Pre-Treatment Dose Verification of IMRT Using Gafchromic EBT3 Film and 2D-Array', *Journal of Nuclear Medicine and Radiation Therapy*, vol 5, no. 3.
- Sim G.S., Wong J.H.D., Ng K.H. 2013, 'The Use of Radiochromic EBT2 Film for The Quality Assurance and Dosimetric Verification of 3D Conformal Radiotherapy Using Microtek ScanMaker 9800XL Flatbed Scanner', *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, vol. 14, no.4, pp. 85-95.
- Ulya S., 2016, Implementasi dan Karakteristik Dosimetri Film Gafchromic EBT3 pada Berkas Elektron Lapangan Kecil, *Tesis*, Program Pascasarjana-Ilmu Fisika Kekhususan Fisika Medis, Universitas Indonesia, Depok.