

Verifikasi Dosimetri Teknik *Stereotactic Body Radiotherapy* (SBRT) Metastasis Tulang: Studi Kasus Menggunakan Fantom Homogen dan Inhomogen

YOSI SUDARSI ASRIL¹⁾, WAHYU EDY WIBOWO²⁾, DAN SUPRIYANTO ARDJO PAWIRO³⁾

^{1,3)}Fakultas MIPA, Universitas Indonesia, ²⁾Departemen Radioterapi, RSUP Cipto Mangunkusumo

Intisari: Kanker menyebabkan 13% dari total semua kasus penyebab kematian, dan metastasis tulang adalah komplikasi umum dari kanker yang terjadi diatas 40% pada pasien onkologi. Sekitar 70% metastasis akan melibatkan tulang belakang. *Stereotactic body radiotherapy* (SBRT) adalah salah satu teknik yang dapat menangani metastasis tulang karena dapat memberikan dosis radiasi tinggi pada volume kecil dengan margin yang sangat rapat. Dalam perencanaan radioterapi untuk foton energi tinggi sering tidak sesuai dalam memperkirakan distribusi dosis dengan keberadaan material tidak homogen. Oleh karena itu dibandingkan hasil dosis pada fantom homogen (CIRS Model 002 H9K) dengan fantom inhomogen (CIRS Model 002 LFC) menggunakan tiga dosimeter, yaitu mikrochamber exradin A16, film gafchromic EBT3, dan TLD LiF: Mg, Ti rods. Hasil yang didapatkan dari pengukuran kedua fantom membuktikan bahwa film gafchromic EBT3 merupakan dosimeter terbaik dalam pengukuran dosis pada lapangan kecil dengan masing-masing deskripsi -0,30% pada fantom homogen dan -1,57% pada fantom inhomogen. Mikrochamber juga memperlihatkan kemampuannya dengan mendapatkan deskripsi tidak begitu jauh dengan film gafchromic EBT3 yaitu -0,52% pada fantom homogen dan -3,87% pada fantom inhomogen. Sedangkan menggunakan TLD LiF:Mg, Ti rods masing-masing deskripsinya -11,96% dan -13,88% pada fantom homogen dan inhomogen.

Kata kunci: Metastasis Tulang, SBRT, Mikrochamber Exradin A16, Film Gafchromic EBT3, TLD LiF:Mg, Ti rods

Abstract: Cancer causes 13% of all cases the cause of death, and bone metastases is a common complication of cancer that occurs above 40% in oncology patients. Approximately 70% will involve spinal metastases. *Stereotactic body radiotherapy* (SBRT) is one technique that can handle bone metastases because it can provide a high radiation dose to a small volume with a very tight margin. In the planning of radiotherapy for high-energy photons are often not suitable to estimating dose distribution in inhomogeneous material. Therefore, compared the dose results in homogeneous phantom (CIRS Model 002 H9K) with inhomogeneous phantom (CIRS Model 002 LFC) using three dosimeter; mikrochamber exradin A16, gafchromic film EBT3, and TLD LiF: Mg, Ti rods. The result from both phantom measurements prove that the gafchromic film EBT3 is the best dosimeter in measuring dose in small field with descripancies dose -0,30% and -1,57% in homogeneous and inhomogeneous phantom. Mikrochamber also showed the ability to get descripancies as good as gafchromic film EBT3 is -0,52% and -3,87% in homogeneous and inhomogeneous phantom. While descripancies using the TLD LiF:Mg, Ti rods is -11,96% and -13,88% in homogeneous and inhomogeneous phantom.

Keywords: Bone Metastasis, SBRT, Mikrochamber Exradin A16, Gafchromic Film EBT3, TLD LiF:Mg, Ti rods

Email: yosisudarsi@gmail.com

1 PENDAHULUAN

Kanker menyebabkan 13% dari total semua kasus penyebab kematian, dan metastasis pada tulang adalah komplikasi umum dari kanker yang terjadi diatas 40% pada pasien onkologi[1]. Sekitar sepertiga dari semua pasien kanker akan mengalami metastasis tulang dan sekitar 70% metastasis akan melibatkan tulang belakang[2]. Metastasis tulang tersebut dan kanker primer itu sendiri dapat menyebabkan pasien merasakan rasa sakit yang besar dan gangguan fungsional[3]. *Stereotactic body radiotherapy* (SBRT) adalah salah satu teknik yang dapat menangani metastasis tulang karena dapat

memberikan dosis radiasi tinggi pada volume kecil dengan margin yang sangat rapat. Dalam perencanaan radioterapi untuk foton energi tinggi sering tidak sesuai dalam memperkirakan distribusi dosis dengan keberadaan material tidak homogen[4]. Oleh karena itu dibandingkan hasil dosis pada fantom homogen (CIRS Model 002 H9K) dengan fantom inhomogen (CIRS Model 002 LFC) menggunakan tiga dosimeter, yaitu mikrochamber exradin A16, film gafchromic EBT3, dan TLD LiF: Mg, Ti rods.

2 KAJIAN LITERATUR DAN PEGEMBANGAN HIPOTESIS

Radioterapi paliatif efektif mengontrol rasa sakit pada pasien dengan metastasis tulang belakang, namun dosis yang lebih tinggi pada radioterapi mungkin dibutuhkan untuk kontrol tumor dan mencegah kerusakan tulang pada tulang belakang yang dapat menghasilkan ketidakstabilan tulang belakang. Sensitifitas tulang belakang pada radiasi umumnya tidak memungkinkan dosis radiasi tinggi pada tulang belakang atau re-iradiasi menggunakan teknik konvensional. Oleh karena itu, telah dikembangkan berbagai teknik untuk mengoptimalkan pengiriman dosis radiasi untuk kasus metastasis tulang untuk melindungi tulang belakang, salah satunya adalah *Stereotactic Body Radiotherapy*[5]. SBRT memberikan dosis radiasi dalam ukuran besar, biasanya 6-30 Gy tiap fraksi. Jumlah fraksi dalam SBRT adalah lima atau lebih sedikit selama waktu tertentu untuk mencapai *biologically effective dose* (BED) tinggi [6].

3 METODE PENELITIAN

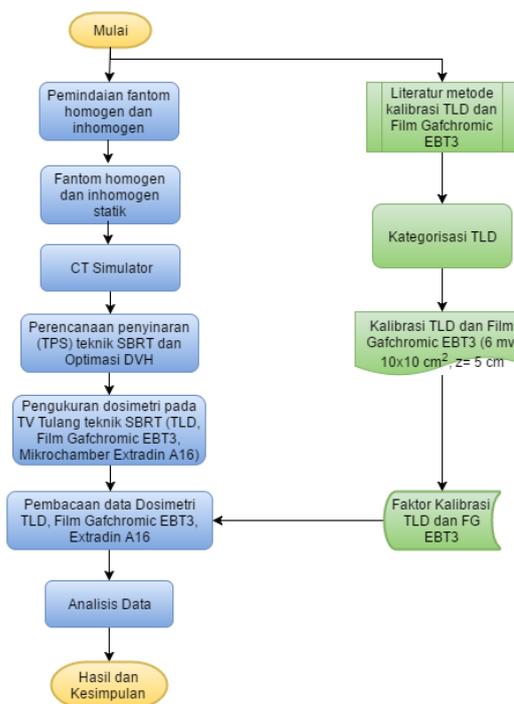
Penelitian ini dilakukan di RSUP Cipto Mangunkusumo (RSCM), Jakarta Pusat, menggunakan beberapa alat dan material, antara lain: Pesawat LINAC Synergy Elekta, TPS pinnacle³, pesawat CT Simulator GE *BrightSpeed*, fantom CIRS inhomogen model 002 LFC, fantom CIRS homogen model 002 H9K, dosimeter TLD LiF:Mg,Ti rod, Film gafchromic EBT3, dan detektor bilik ionisasi Exradin A16.

Kalibrasi dilakukan pada dosimetri TLD dan Film Gafchromic EBT3. Kalibrasi TLD dilakukan untuk mendapatkan hubungan nilai bacaan TLD dengan nilai dosis. Kalibrasi film gafchromic EBT3 dilakukan untuk menentukan hubungan antara dosis dengan bacaan nilai piksel film. Baik kalibrasi TLD maupun film gafchromic EBT3 dilakukan menggunakan dua nilai rentang dosis, yakni dosis rendah yang rentang dosisnya dari 10-500 cGy dan dosis tinggi yang rentang dosisnya dari 500-1800cGy dan menggunakan *solid water phantom* yang dipapar dengan energi foton 6 MV, menggunakan teknik SSD 100 cm, luas lapangan 10 x 10 cm², dan kedalaman (z) 5 cm. Hanya TLD yang sensitivitasnya memiliki standar deviasi ±3% yang digunakan pada setiap kelompok TLD yang terdiri dari 3 buah rod TLD.



Gambar 1. Pengukuran pada fantom homogen

Sebelum pengukuran, dilakukan pemindaian sebelumnya terhadap kedua fantom menggunakan CT Simulator GE *BrightSpeed*. Pemindaian pada kedua fantom sangat penting dilakukan untuk kepentingan perencanaan dimana titik referensi dan volume target dapat diketahui; berhubung pengukuran yang dilakukan adalah pengukuran dosis titik yang dilakukan tepat pada *isocenter*. Hasil citra per slice yang didapatkan dari pemindaian tersebut, akan dikirim ke *software* TPS Pinnacle³ dan kemudian dilakukan proses *countoring* serta perencanaan radiasi yang akan diterapkan. Perencanaan radioterapi teknik SBRT menggunakan TPS Pinnacle³ dengan teknik perhitungan *forward planning* dengan dosis preskripsi 5 Gy/12 fraksi pada titik *isocenter* tulang.



Gambar 2. Diagram Penelitian

Analisa data dosimetri dilakukan dengan mengacu pada rekomendasi AAPM TG 119, 2009 dengan mengkalkulasi besarnya perbedaan dosis (diskre-

pansi) relatif antara nilai dosis dari hasil data dosimetri pada pengukuran ($D_{measured}$) dengan nilai dosis hasil perencanaan TPS ($D_{planned}$) menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Diskrepansi } (\Delta\%) = \left(\frac{D_{measured} - D_{planned}}{D_{planned}} \right) \times 100$$

dengan D_{meas} adalah nilai dosis hasil pengukuran dan D_{plan} adalah nilai dosis hasil perhitungan perencanaan TPS.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran dosis di titik target secara statik pada fantom homogen dan fantom inhomogen dilakukan menggunakan tiga dosimeter; Film Gafchromic EBT3, Mikrochamber Exradin A16, dan TLD LiF: Mg, Ti rods. Ketiga dosimeter diukur pada titik isocenter pada target tulang yang disesuaikan dengan perencanaan yang telah dibuat.

Secara umum, pengukuran kedua fantom menggunakan teknik SBRT menunjukkan hasil yang baik walaupun pengukuran didominasi dengan pola *underestimate* (dosis yang terukur lebih rendah daripada dosis perencanaan). Hal ini disebabkan oleh beberapa hal; yaitu pertama, penggunaan lapangan kecil pada teknik SBRT menyebabkan tidak terpenuhinya *charged particle equilibrium* dikarenakan ukuran lapangan yang lebih kecil dibandingkan jarak elektron pada sisi lateral sehingga terjadilah *lateral electronic disequilibrium* [7][8]. Kedua, yaitu efek *volume averaging* dimana ukuran ionisasi chamber harus sebanding atau lebih kecil dibandingkan dengan ukuran lapangan radiasi[7] agar tidak mengalami penurunan resolusi spasial atau efek *volume averaging*. Kedua efek ini berdampak pada penelitian Oh *et al.*, 2014[9] yang menyatakan bahwa hasil dari pengukuran dosis di lapangan kecil dominan *underestimate* disebabkan oleh adanya *lateral electron disequilibrium* (LED).

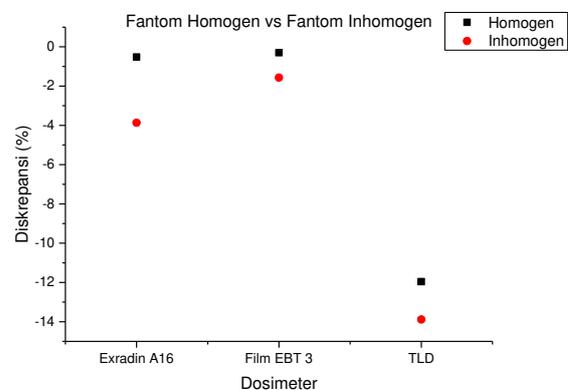
Jika ditinjau dari densitas dan komposisi kedua fantom, hal tersebut juga dapat mempengaruhi nilai diskrepansi tiap dosimeter. Terlihat bahwa karakteristik fantom inhomogen terdiri dari berbagai densitas, yaitu paru, tulang dan jaringan lunak, sedangkan karakteristik fantom homogen hanya terdiri dari densitas jaringan lunak (*soft tissue*) dan tulang. Adanya efek inhomogenitas ini juga mempengaruhi penurunan dosis disebabkan terdapatnya berkas foton pada rongga udara dalam paru, karena menurut Engelsman *et al.*, 2001[4], foton energi tinggi sering tidak sesuai dalam memperkirakan distribusi dosis dengan keberadaan material tidak homogen. Terlihat pada tabel 1, nilai diskrepansi untuk keselu-

ruhan dosimeter di fantom inhomogen memang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan fantom homogen.

Tabel 1. Diskrepansi dosis target pada ketiga dosimeter

CT-number	Dosimeter	Diskrepansi
CIRS 002H9K (HOMOGEN)	Exradin A16	-0,52%
	Film Gafchromic EBT3	-0,30%
	TLD LiF: Mg, Ti	-11,96%
CIRS 002LFC (INHOMOGEN)	Exradin A16	-3,87%
	Film Gafchromic EBT3	-1,57%
	TLD LiF: Mg, Ti	-13,88%

Jika ditinjau dari masing-masing dosimeter, film gafchromic EBT3 memiliki nilai diskrepansi yang cukup baik dibandingkan dua dosimeter lainnya. Hal ini dikarenakan karakteristik film gafchromic EBT3 yang memiliki resolusi spasial yang tinggi, sehingga gradian film gafchromic EBT3 ini dapat menunjukkan kemampuannya saat diberikan dosis tinggi. Hasil yang tidak begitu jauh dicapai oleh dosimeter Exradin A16. Jenis mikrochamber ini memiliki volume sekitar 0,007 cm³ yang cocok dalam pengukuran lapangan kecil[10]. Walaupun nilainya diskrepanasinya *underestimate* dan menunjukkan adanya efek *volume averaging*, tetap saja nilai diskrepanasinya tidak begitu jauh dari film gafchromic EBT3 dan dapat membuktikan bahwa dosimeter exradin A16 cukup menunjukkan kemampuannya dalam mengukur di titik lapangan kecil. Tetapi pada dosimeter TLD LiF:Mg,Ti rod, diskrepanasinya cukup jauh dan memiliki akurasi yang buruk dibandingkan dua dosimeter lainnya. Hal ini dikarenakan TLD adalah dosimeter dengan tingkat ketidakpastian yang tinggi, selain karena ukuran dimensinya yang kecil, proses pembacaan (*reading*) dan *annealing* juga mempengaruhi optimal atau tidaknya nilai dosis didalamnya, berhubung pembacaan harus menggunakan suhu yang tepat agar elektron terlepas dari *trap* dalam TLD[11]. Untuk lebih jelasnya, nilai diskrepansi ketiga dosimeter dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Pengukuran fantom homogen dan inhomogen secara statik

5 SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada fantom homogen dan fantom inhomogen, dosimeter terbaik dalam pengukuran di titik tulang menggunakan teknik SBRT adalah Film Gafchromic EBT3 dengan diskrepansi pada fantom homogen sebesar -0,30% dan fantom inhomogen sebesar -1,57%.

REFERENSI

- [1] C. Greco, O. Pares, N. Pimentel, E. Moser, V. Louro, X. Morales, B. Salas, and Z. Fuks, "Spinal metastases: From conventional fractionated radiotherapy to single-dose SBRT," *Reports Pract. Oncol. Radiother.*, vol. 20, no. 6, pp. 1–10, 2015.
- [2] G. M. Berardino De Bari, Filippo Alongi, Gianluca Mortellaro, Rosario Mazzola, Schiappacasse Luis, "Spinal Metastases: Is Stereotactic Body Radiation Therapy Supported by evidences.pdf," *Crit. Rev. Oncolgy/Hematology*, pp. 1–12, 2015.
- [3] G. Bedard and E. Chow, "The failures and challenges of bone metastases research in radiation oncology," *J. Bone Oncol.*, vol. 2, no. 2, pp. 84–88, 2013.
- [4] M. Engelsman, E. M. F. Damen, K. De Jaeger, K. M. Van Ingen, and B. J. Mijnheer, "The effect of breathing and set-up errors on the cumulative dose to a lung tumor," *Radiother. Oncol.*, vol. 60, no. 1, pp. 95–105, 2001.
- [5] X. S. Wang, L. D. Rhines, A. S. Shiu, J. N. Yang, U. Sele, I. Gning, P. Liu, P. K. Allen, S. S. Azeem, P. D. Brown, H. J. Sharp, D. C. Weksberg, C. S. Cleeland, and E. L. Chang, "Stereotactic body radiation therapy for management of spinal metastases in patients without spinal cord compression: A phase 1-2 trial," *Lancet Oncol.*, vol. 13, no. 4, pp. 395–402, 2012.
- [6] S. H. Benedict, D. Followill, J. M. Galvin, W. Hinson, B. Kavanagh, P. Keall, M. Lovelock, S. Meeks, T. Purdie, M. C. Schell, B. Salter, T. Solberg, D. Y. Song, R. Timmerman, D. Verellen, and L. Wang, "Stereotactic body radiation therapy : The report of AAPM Task Group 101," no. May, pp. 4078–4101, 2010.
- [7] R. J. Underwood, "Small field dose calibrations with gafchromic film," no. May, p. 73, 2013.
- [8] F. J. Spang, "Monte Carlo study of the dosimetry of small-photon beams using CMOS active pixel sensors," 2011.
- [9] S. A. Oh, J. W. Yea, R. Lee, H. B. Park, and S. K. Kim, "Dosimetric Verifications of the Output Factors in the Small Field Less Than 3 cm 2 Using the Gafchromic EBT2 Films and the Various Detectors," vol. 25, no. 4, pp. 218–224, 2014.
- [10] M. R. McEwen, "Measurement of ionization chamber absorbed dose k(Q) factors in megavoltage photon beams.," *Med. Phys.*, vol. 37, no. 5, pp. 2179–2193, 2010.
- [11] A. Fitriandini, "Perbandingan Dosimetri Teknik 3d-Crt, IMRT dan SBRT Pada Kasus Kanker Paru-Paru Berbasis Bilik Ionisasi, TLD Dan Film Gafchromic EBT2No Title," 2015.