

## Karakteristik berkas foton lapangan kecil setengah lapangan (*half beam*) dengan menggunakan *wedge*

Elsa Angelina<sup>1</sup>, Wahyu Edy Wibowo<sup>2</sup>, Riana Dian Pertiwi<sup>2,3</sup>, dan Supriyanto Ardjo Pawiro<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, 16424, Jawa Barat, Indonesia

<sup>2</sup> Departemen Radioterapi, RSUPN Cipto Mangunkusumo, 10430, Jakarta, Indonesia

E-mail: supriyanto.p@sci.ui.ac.id

Received August 04 2017

Revised February 17 2018

Accepted for publication February 22 2018

Published March 04 2018

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui profil berkas foton lapangan kecil setengah lapangan (*half beam*) dengan menggunakan *wedge* yang dapat menjawab tantangan radioterapi tumor sino-nasal yang diketahui memiliki lokasi yang sangat kompleks. Pengukuran dilakukan dengan berkas foton 6MV menggunakan dosimeter film Gafchromic EBT3 yang dilakukan pada kedalaman 1.5 cm, 5 cm dan 10 cm untuk setiap lapangan penyinaran  $0.8 \times 0.8 \text{ cm}^2$ ,  $1.6 \times 1.6 \text{ cm}^2$ ,  $2.4 \times 2.4 \text{ cm}^2$ ,  $3.2 \times 3.2 \text{ cm}^2$  dan  $4 \times 4 \text{ cm}^2$  dengan menggunakan *physical wedge* dengan besar sudut  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  dan  $60^\circ$  serta dilakukan variasi penyinaran yaitu daerah penyinaran *wedge* tipis dan tebal. Hasil pengukuran didapatkan bahwa nilai FWHM dan penumbra cenderung naik seiring dengan semakin dalamnya pengukuran. Selain itu, nilai FWHM cenderung lebih besar 1.59% saat daerah penyinaran *wedge* tipis. Penumbra memiliki rentang nilai 0.15 – 0.36 cm dengan anomali sebesar 80% (n=135) jika definisi penumbra merupakan jarak level isodosis 80% - 20% dan 0.24% (n=135) jika definisi penumbra merupakan jarak level isodosis 50% - 20%. Kesimpulannya, dari hasil pengukuran nilai deviasi FWHM dan penumbra (80% - 20%) terkecil masing-masing 0.92% dan 0.33 cm pada lapangan  $0.8 \times 0.8 \text{ cm}^2$  *wedge*  $60^\circ$ , namun tidak ada hubungan yang pasti antara *wedge* dengan nilai FWHM dan penumbra pada lapangan kecil.

**Abstract:** This study was aimed to find the profile dose of small field for photon beams on half beam irradiation technique using wedge that can answer the challenge of sino-nasal tumors radiotherapy. The 6 MV photon beam profile measurement is using beam Film Gafchromic EBT3 at depths 1.5 cm, 5 cm and 10 cm for each irradiation field  $0.8 \times 0.8 \text{ cm}^2$ ,  $1.6 \times 1.6 \text{ cm}^2$ ,  $2.4 \times 2.4 \text{ cm}^2$ ,  $3.2 \times 3.2 \text{ cm}^2$  and  $4 \times 4 \text{ cm}^2$  using physical wedge angles of  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  and  $60^\circ$  and conducted variation of irradiation, thin and thick wedge irradiation. Results shown that FWHM and penumbra values tend to increase along with the depth of measurement. Furthermore, FWHM values tend to be greater than 1.59% when thin wedge irradiation area. Penumbra has a range from 0.15 to 0.36 cm with an anomaly of 80% (n = 135) if defined as the distance 80% - 20% dose points and 0.24% (n = 135) if defined as the distance 50% - 20% dose points. In conclusion, from the measurements, smallest FWHM deviation and penumbra respectively 0.92% and 0.33 cm in the field  $0.8 \times 0.8 \text{ cm}^2$  wedge  $60^\circ$ , but there is no definite relationship between the wedge with the FWHM value and the penumbra on the small field.

**Kata kunci:** FWHM, penumbra, profil dosis

**Keywords:** dose profile, FWHM, penumbra

## 1. Pendahuluan

*Intensity modulated radiation therapy* (IMRT) merupakan salah satu perkembangan penggunaan teknik radioterapi lapangan kecil. Lapangan kecil pada radioterapi memungkinkan dosis secara akurat mengenai volume dari target (sel tumor) sehingga jaringan sehat yang berada di sekitarnya terkena dosis serendah mungkin.<sup>2</sup> Selain itu, *physical wedge* digunakan sebagai kompensator untuk melindungi *organ at risk* (OAR) disekitar target.

Untuk menjaga struktur optik yang memiliki nilai toleransi jauh lebih rendah dari target tumor digunakan teknik penyinaran setengah lapangan atau biasa disebut *monoisocentric technique*. Teknik penyinaran setengah lapangan dalam aplikasinya dapat meminimalkan gap antar lapangan. Dengan meminimalkan *gap*, kemungkinan adanya *cold area* atau daerah yang rendah dosis radiasinya pada kedalaman rendah dapat diminimalkan tetapi dalam waktu yang bersamaan meminimalkan terjadinya *overlap* atau tumpang tindihnya lapangan yang dapat menyebabkan terjadinya *over dose* atau kelebihan dosis. Selain itu, teknik ini mengeliminasi segala divergensi berkas dari lapangan baru ke lapangan yang lama sehingga meminimalkan ukuran lapangan yang tidak diradiasikan.<sup>3</sup>

Teknik penyinaran setengah lapangan (*half beam*) dikembangkan untuk mengatasi dosis nonhomogen pada *hot spot*. Aplikasi lain dari teknik penyinaran setengah lapangan radioterapi adalah iradiasi pasien pasca operasi mastektomi juga pengobatan kanker bagian kepala dan leher.<sup>4,5</sup> Selain itu, terjadi penurunan dosis pada daerah tepi yang lebih dekat dengan blok, hal itu terjadi karena hilangnya hamburan foton dan elektron dari bagian lapangan yang diblok, sehingga menghasilkan profil dosis yang asimetri.<sup>6,7</sup>

Penggunaan lapangan kecil dengan teknik penyinaran setengah lapangan menggunakan *wedge* dapat menjawab tantangan radioterapi tumor sino-nasal ini. Namun, penggunaan lapangan kecil dianggap perlu mendapatkan perhatian khusus dalam pengukuran dan perhitungan dosisnya.<sup>8</sup> Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengukuran lapangan kecil yaitu: (i) efek volume averaging yang mengakibatkan saat pengukuran faktor keluaran dosis yang terukur terlalu rendah dan saat pengukuran profil terjadi blurring pada penumbra. Hal tersebut dikarenakan ukuran lapangan radiasi yang terlalu kecil jika dibandingkan dengan area aktif dosimeter sehingga dapat mengganggu fluence foton yang mengenai pusat dosimeter. Untuk meminimalisir efek tersebut, diperlukan dosimeter yang memiliki area aktif relatif lebih kecil dari luas lapangan radiasi,<sup>2</sup> (ii) ketidakseimbangan elektron akibat kehilangan *charged particle equilibrium* (CPE),<sup>8</sup> (iii) penurunan faktor keluaran akibat dosimeter merata-ratakan variasi nilai dosis yang terukur pada pusat berkas yang mengenainya penumbra yang overlapping akibat pengeblokan parsial pada sumber berkas dan (iv) penurunan *lateral electronic equilibrium* (LEE) akibat dosis serap yang berubah secara cepat sebanding dengan ukuran berkas dan kedalaman pada fantom, serta luas lapangan radiasi yang lebih kecil dibanding dengan jangkauan maksimum dari elektron sekunder.<sup>8-10</sup>

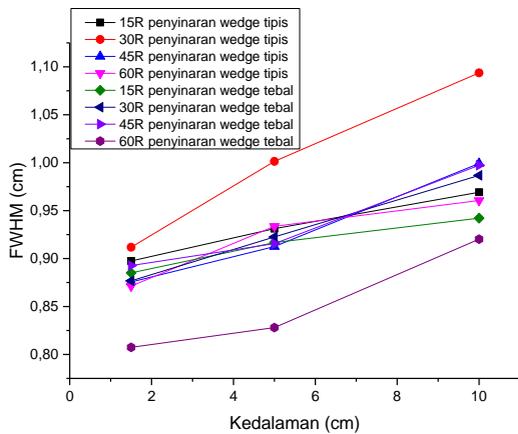
Akurasi dosis radiasi pada lapangan kecil sangat penting agar kesalahan distribusi dan pemberian dosis saat radioterapi dapat diminimalkan. Oleh karena itu, dilakukan pengukuran profil berkas agar diketahui berkas foton dengan lapangan dan *wedge* apakah yang memiliki nilai deviasi FWHM dan penumbra paling kecil.

Pada penelitian ini, penulis ingin menginvestigasi pengaruh *wedge* terhadap profil berkas pada lapangan kecil yang menggunakan teknik penyinaran setengah lapangan. Pengukuran profil berkas dilakukan dengan menggunakan dosimeter film Gafchromic EBT3.

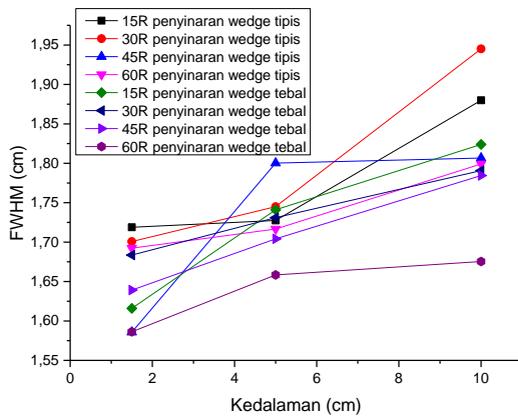
## 2. Alat dan bahan

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan pesawat LINAC Varian Unique dengan berkas foton energi tunggal 6 MV. *Wedge* yang digunakan adalah jenis *physical wedge* bawaan dari Varian Unique dengan besar sudut *wedge* 15°, 30°, 45° dan 60°. *Wedge* ini terbuat dari besi dengan densitas 7.8 g/cm<sup>3</sup> untuk sudut *wedge* 15° dan 30° sedangkan untuk sudut *wedge* 45° dan 60° terbuat dari timbal dengan densitas 11.3 g/cm<sup>3</sup>. Penelitian ini memanfaatkan *slab solid water phantom* dengan densitas 1.045 g/cc terbuat dari RW3 yang ekuivalen terhadap air dan jaringan lunak.<sup>11</sup>

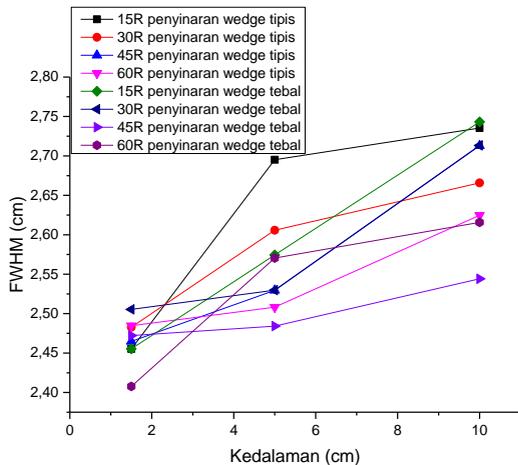
Film Gafchromic EBT3 dengan ukuran 20.32 × 25.4 cm<sup>2</sup> dipotong menjadi 6 × 6 cm<sup>2</sup>, 5 × 5 cm<sup>2</sup>, 4 × 4 cm<sup>2</sup> dan 3 × 3 cm<sup>2</sup>. Pengukuran profil dengan teknik SSD sebesar 100 cm untuk lapangan penyinaran 4 × 4 cm<sup>2</sup>, 3.2 × 3.2 cm<sup>2</sup>, 2.4 × 2.4 cm<sup>2</sup>, 1.6 × 1.6 cm<sup>2</sup> dan 0.8 × 0.8 cm<sup>2</sup>. Pengukuran dilakukan di kedalaman 1.5 cm, 5 cm, dan 10 cm dan dengan menggunakan *physical wedge* 15°, 30°, 45° dan 60°. Teknik penyinaran setengah lapangan (*half beam*) dilakukan pada sisi *wedge* yang lebih tebal dan sisi *wedge* yang lebih tipis untuk keseluruhan lapangan penyinaran. Pengukuran dilakukan dengan meletakkan dosimeter tegak lurus dengan sumbu utama berkas dan gantri LINAC 0°.



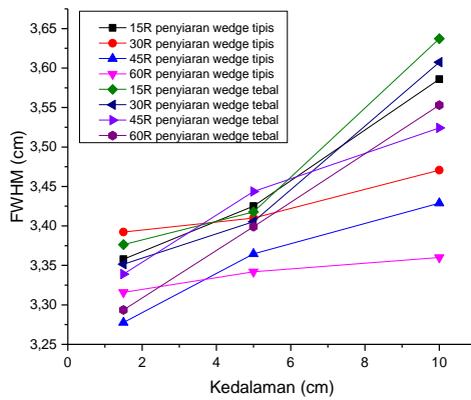
**Gambar 1.** FWHM sebagai fungsi dari kedalaman untuk berkas setengah lapangan dengan menggunakan *physical wedge* pada lapangan  $0.8 \times 0.8 \text{ cm}^2$



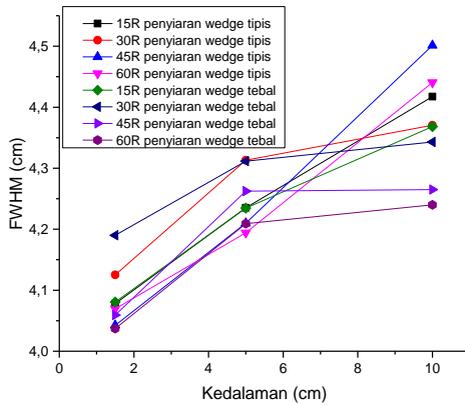
**Gambar 2.** FWHM sebagai fungsi dari kedalaman untuk berkas setengah lapangan dengan menggunakan *physical wedge* pada lapangan  $1.6 \times 1.6 \text{ cm}^2$



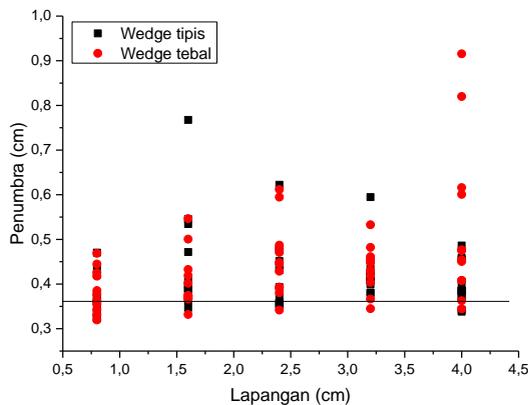
**Gambar 3.** FWHM sebagai fungsi dari kedalaman untuk berkas setengah lapangan dengan menggunakan *physical wedge* pada lapangan  $2.4 \times 2.4 \text{ cm}^2$



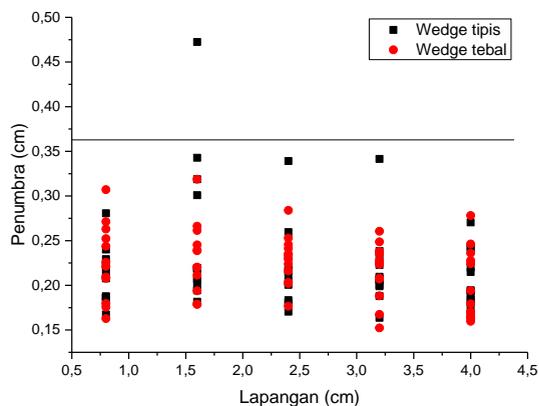
**Gambar 4.** FWHM sebagai fungsi dari kedalaman untuk berkas setengah lapangan dengan menggunakan *physical wedge* pada lapangan  $3.2 \times 3.2 \text{ cm}^2$



**Gambar 5.** FWHM sebagai fungsi dari kedalaman untuk berkas setengah lapangan dengan menggunakan *physical wedge* pada lapangan  $4 \times 4 \text{ cm}^2$



**Gambar 6.** Grafik penyebaran nilai penumbra menggunakan dosimeter film Gafchromic EBT3 saat definisi penumbra merupakan jarak level isodosis 20 – 80%.



**Gambar 7.** Grafik penyebaran nilai penumbra menggunakan dosimeter film Gafchromic EBT3 saat definisi penumbra merupakan jarak level isodosis 50 - 20%

Hasil pengukuran profil berkas dengan Film Gafchromic EBT3 setelah 48 jam dilakukan pemindaian menggunakan *scanner Flatbed scanner* EPSON Perfection V700. Film diletakan tepat ditengah agar efek lateral dapat dikurangi. Hasil *scan* disimpan dengan menggunakan format *.TIF* lalu dibaca dengan ImageJ untuk mendapatkan nilai piksel. Hasil tersebut dinormalisasi dengan nilai dosis terbesar. Setelah itu, plot perhitungan sehingga didapatkan profil berkas.

Profil berkas dianalisa berdasarkan nilai FWHM dan penumbra. Nilai FWHM diperoleh saat dosis relatif mencapai 50%, secara fisis FWHM didefinisikan sebagai ukuran lapangan radiasi aktual. Sedangkan pengukuran penumbra menggunakan dua definisi, yaitu jarak level isodosis saat 80–20% dan 50–20%.

### 3. Hasil dan pembahasan

#### 3.1. FWHM

Gambar 1–5 menunjukkan bahwa nilai FWHM cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya kedalaman pengukuran. Bersesuaian dengan nilai FWHM, nilai deviasi FWHM juga semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kedalaman pengukuran. Nilai deviasi FWHM merupakan persentase nilai perbandingan FWHM yang terukur dengan besar lapangan geometri. Sehingga semakin dalam pengukuran nilai FWHM yang dihasilkan makin menjauhi ukuran lapangan radiasi aktual. Hasil serupa juga ditunjukkan pada penelitian yang telah dilakukan oleh Risayanti.<sup>6</sup> Menurut Risayanti meningkatnya nilai FWHM seiring dengan semakin dalamnya pengukuran ini dikarenakan adanya kontribusi dari hamburan yang semakin banyak, sehingga nilai yang terbaca pada dosimeter akan semakin banyak.<sup>6</sup>

Nilai deviasi FWHM terbesar adalah 36.71% saat daerah peninaran *wedge* tipis dan 24.66% saat daerah peninaran *wedge* tebal. Dari nilai tersebut diketahui bahwa nilai deviasi FWHM cenderung lebih kecil pada daerah peninaran *wedge* tebal dikarenakan adanya efek *beam hardening*. Pada daerah peninaran *wedge* tebal foton energi rendah telah teratenuasi oleh material *wedge* sehingga nilai FWHM cenderung lebih kecil pada daerah peninaran *wedge* tebal. Namun, dalam beberapa kasus bisa saja terjadi dosis di bawah *wedge* yang lebih tipis *underestimate* sedangkan dosis di bawah *wedge* yang lebih tebal *overestimate*.<sup>12</sup>

Hasil penelitian Dawod, dkk. menunjukkan semakin besar sudut *wedge* yang digunakan maka semakin meningkat *beam hardening* yang mengakibatkan foton energi rendah teratenuasi. Berdasarkan penelitian Ahmad, dkk. pengaruh sudut *wedge* signifikan pada ukuran sudut *wedge* pada ukuran sudut mulai dari 30°, sedangkan menurut Tailor, dkk. pengaruh *wedge* akan signifikan pada ukuran *wedge* mulai dari 45°.<sup>16,17</sup> Namun, pernyataan-pernyataan tersebut tidak dapat dibuktikan pada penelitian ini. Pada gambar dapat dilihat bahwa besar sudut *wedge* tidak membuat pola nilai FWHM tertentu.

### 3.2. Penumbra

Nilai penumbra terbesar dan terkecil masing-masing adalah 0.92 cm dan 0.32 cm. Nilai penumbra terbesar terjadi pada daerah penyinaran *wedge* tebal, hal tersebut dikarenakan pada daerah penyinaran *wedge* tebal atenuasi yang terjadi akan semakin besar dan nilai yang terbaca pada dosimeter akan semakin kecil, sehingga penumbra yang diperoleh akan semakin besar.

Pembahasan sebelumnya merupakan penumbra dengan definisi jarak spasial antara nilai 80–20%. Namun, menurut Muralidhar nilai penumbra pada lapangan kecil tidak dapat didefinisikan sebagai jarak spasial antara nilai 80% dan 20%. Hal tersebut dikarenakan pada lapangan kecil terjadi *overlapping* penumbra sehingga dapat terjadi kesalahan estimasi besar penumbra.<sup>13</sup> Maka disini dibandingkan besar penumbra jika didefinisikan sebagai jarak level isodosis 80–20%. dan 50–20%. Jika kita bandingkan penyebaran nilai penumbranya yaitu pada Gambar 6 dan 7, Gambar 6 nilai penumbra cenderung pada kisaran 0.3–0.5 cm sedangkan pada Gambar 7 cenderung pada kisaran 0.15–0.3 cm.

Beberapa penelitian telah menginvestigasi nilai penumbra berkas foton 6 MV. Peter Metcalfe, dkk., menginvestigasi besar nilai penumbra dengan menggunakan dosimeter dioda silikon, film dan TLD. Penumbra (80–20%) terukur sebesar 0.36, 0.36 dan 0.34 cm.<sup>14</sup> Tsang Cheung, dkk. mengukur penumbra dengan Gafchromic EBT, Kodak EDR2 dan Kodak X-Omat V films terukur masing-masing 0.3, 0.32 dan 0.36 cm.<sup>15</sup> Pada grafik penyebaran dibuat batas nilai penumbra 0.36 cm, mengikuti nilai referensi penumbra terbesar. Didapatkan anomali sebesar 80% (n=135) ketika definisi nilai penumbranya merupakan jarak level isodosis 80–20% dan anomali sebesar 0.24% (n=135) ketika definisi penumbranya jarak level isodosis 80–20%.

## 4. Kesimpulan

Hasil pengukuran profil dosis menunjukkan bahwa nilai deviasi FWHM dan penumbra (80–20%) terkecil masing-masing 0.92% dan 0.33 cm pada lapangan  $0.8 \times 0.8 \text{ cm}^2$  *wedge* 60°. Selain itu, pola nilai FWHM cenderung lebih besar rata-rata 1.59% pada saat daerah penyinaran *wedge* tipis, namun tidak ada hubungan yang pasti antara *wedge* dengan nilai FWHM dan penumbra pada lapangan kecil. Selanjutnya, nilai penumbra dengan definisi jarak level isodosis 50–20% lebih mendekati hasil penelitian sebelumnya. Namun, perlu dilakukan pendefinisian kembali untuk nilai penumbra saat didefinisikan sebagai jarak level isodosis 50–20%.

## Referensi

- <sup>1</sup> W. Duthoy and W.D. Neve, "IMRT for Paranasal Sinus and Nasal Cavity (Sino-Nasal) Tumors," n.d.
- <sup>2</sup> J.U. Wuerfel, "Dose measurements in small fields," *Medical Physics International*, 1(1), 81-90 (2013).
- <sup>3</sup> G.C. Bentel, "Radiation Therapy Planning (2nd Ed.)," New York: Pergamon Press, (1982).
- <sup>4</sup> H. Urbańczyk, L. Hawrylewicz, M. Ganowicz, L. Misztal, B. Woźniak, J. Wydmański and L. Miszczyk, "The 'one-isocenter-quarter-beam' technique as a radiotherapy of breast cancer patients," 10(6), 307–312, (2005).
- <sup>5</sup> T. C. Chiang, H. Culbert, B. Wyman, L. Cohen, J. Ovidia, "The half field technique of radiation therapy for the cancers of head and neck," *International Journal of Radiation Oncology*, 1899-1901, (1979).
- <sup>6</sup> Risayanti, "Penentuan Karakteristik Berkas Foton Lapangan Kecil dengan Penyinaran Setengah Lapangan (*Half-Beam*) Radioterapi," Universitas Indonesia, Skripsi, (2016).
- <sup>7</sup> F.M. Khan, "Physics of Radiation Therapy: *Third Edition*," Philadelphia: lippicott Williams and wilkins, (2003).
- <sup>8</sup> I.J. Das, G.X. Ding, A. Ahnesjö, "Small fields: nonequilibrium radiation dosimetry," *Med. Phys.*, 35(1), 206-215, (2008).
- <sup>9</sup> Espinosa et al., "Postal Dosimetry Audit Test for Small Photon Beams," Elsevier publisher, (2011).
- <sup>10</sup> Stathakis et al., "Accuracy of Small Field Dosimetry using The Acuros XB Dose Calculation Algorithm Within and Beyond Heterogeneous Media for 6 MV Photons Beams," *Int. J. Med. Phys.* 78-87, (2012).
- <sup>11</sup> R.F. Hill, S. Brown and C. Baldock, "Evaluation of the water equivalence of solid phantoms using gamma ray transmission measurements," *Radiation Measurements*, 43(7), 1258-1264, (2008).
- <sup>12</sup> T. Dawod, E.M. Abdelrazek, M. Elnanggar ad R. Omar, "Dose Validation Wedged Asymmetric Fields in Artiste Linear Accelerator," *Int. J. Med. Phys.* 3(3), 201–209, (2014).

- <sup>13</sup> K. Muralidhar, B. Rout, K.K.D. Ramesh, M. Ali, N. Madhusudhan, K. Komanduri and M. Babaiah, "Small field dosimetry and analysis of flattening filter free beams in true beam system," *J. Canc. Res. Ther.* 11(1), 136–140, (2015).
- <sup>14</sup> P. Metcalfe, T. Kron, A. Elliott, T. Wong and P. Hoban, "Dosimetry of 6-MV x-ray beam penumbra," *Med. Phys.* 20, 1439 (1993).
- <sup>15</sup> T. Cheung, M. J. Butson and P. K. N. Yu, "Measurement of high energy x-ray beam penumbra with Gafchromic EBT radiochromic film," *Med. Phys.* 33, 2912 (2006).