

STUDI KOMPARASI METODE *PERCENTAGE DEPTH DOSE* (PDD) DAN *TISSUE PHANTOM RATIO* (TPR) UNTUK MENENTUKAN INDEK KUALITAS BERKAS ENERGI 6 MV DAN 10 MV PADA PESAWAT LINAC

Muharam Budi Laksono¹, Susila Wardaya^{*2}, Wahyu Setia Budi³ dan Eko Hidayanto³

¹Instalasi Radiologi, Rumah Sakit Umum Daerah Majalengka

²Instalasi Radioterapi, Rumah Sakit Umum Hasan Sadikin, Bandung

³Jurusan Fisika, Universitas Diponegoro, Semarang

*Korespondensi Penulis, Email: susila_wardaya@yahoo.com

Abstract

Patient dose in the linac determined with source surface distance (SSD) technique using percentage depth dose (PDD) method and source axis distance (SAD) technique using tissue phantom ratio (TPR) method. Beam quality index is the concept of beam penetration in the water which can be quantized so get a measurable constant. In medical accelerator determined index beam quality using $TPR_{20,10}$ to do with counting of $PDD_{20,10}$ or $PDD(10)$. Research has been carried out by comparing the method PDD and TPR to determine index beam quality of photon energy 6 MV and 10 MV on the linac. Measurements performed on the PDD method SSD 100 cm and TPR on the SAD 100 cm with standard field 10 cm x 10 cm. PDD and percent TPR pattern is similar to the built-up area, after d_{max} will be different. The results of index beam quality $TPR_{20,10}$ photon energy 6 MV with a relative measurement 0.660416413 and absolute measurement 0.681884058 at 10 MV photon energies obtained relative measurement 0.73752495 and absolute measurement 0.72896543. Calculation $TPR_{20,10}$ to $PDD_{20,10}$ and $TPR_{20,10}$ for $PDD(10)$ of the relative and absolute measurement of the photon energy 6 MV and 10 MV obtained small deviations of less than 1%.

Keywords: PDD, TPR, photon and index beam quality.

Abstrak

Pemberian dosis pasien pada pesawat linac ditentukan dengan tehnik source surface distance (SSD) dengan menggunakan metode *percentage depth dose* (PDD) dan tehnik source axis distance (SAD) dengan metode tissue phantom ratio (TPR). Indeks kualitas berkas merupakan konsep kemampuan penetrasi berkas didalam air yang dapat terkuantisasi sehingga mendapatkan suatu konstanta yang terukur. Pada accelerator medik untuk menentukan indeks kualitas berkas dengan menggunakan $TPR_{20,10}$ yang dapat dilakukan dengan menghitung dari $PDD_{20,10}$ atau $PDD(10)$. Penelitian dilakukan dengan mengukur dan membandingkan metode PDD dan TPR untuk menentukan indeks kualitas berkas pada pesawat linac energi foton 6 MV dan 10 MV. Pengukuran metode PDD dilakukan pada SSD 100 cm dan metode TPR pada SAD 100 cm mulai kedalaman 0 cm sampai 25 cm dengan lapangan standar 10 cm x 10 cm. Pola PDD dan persen TPR mirip pada daerah build up, setelah D_{max} dicapai akan berbeda. Hasil indeks kualitas berkas pada $TPR_{20,10}$ energi foton 6 MV dengan pengukuran relatif 0,660416413 dan pengukuran absolut 0,681884058 sedangkan pada energi foton 10 MV pengukuran relatif 0,72896543 dan pengukuran absolut 0,73752495. Perhitungan $TPR_{20,10}$ untuk $PDD_{20,10}$ dan $TPR_{20,10}$ untuk $PDD(10)$ dari pengukuran relatif dan absolut energi foton 6 MV dan 10 MV didapatkan deviasi yang kecil kurang dari 1%..

Kata kunci : PDD, TPR, foton dan indeks kualitas berkas

Pendahuluan

Pesawat pemercepat elektron atau *linear accelerator (linac)* telah menjadi mesin pengobatan standar dipusat-pusat radioterapi [1] yang dirancang untuk menghasilkan berkas foton dan elektron. Alat ini digunakan untuk menyinari kanker yang berada didalam maupun di permukaan tubuh [2]. Keberadaan pesawat linac dirasa sangat menguntungkan dan memberi harapan pada pasien kanker untuk sembuh.

Ada dua *set up* untuk menentukan pengukuran dosis pada pasien yaitu tehnik *source surface distance (SSD)* dengan menggunakan metode *percentage depth dose (PDD)* dan tehnik *source axis distance (SAD)* dengan metode *tissue phantom ratio (TPR)* [3]. Analisa karakteristik dosis kedalaman dapat membantu pemilihan berkas yang sesuai untuk pengobatan radioterapi ketika berbagai berkas energi tersedia. Hal ini merupakan parameter dosimetrik untuk mengkonfirmasi jumlah dosis dari nilai yang terukur dalam meningkatkan akurasi dalam pengobatan radioterapi [4].

Selama ini telah banyak dilakukan penelitian tentang metode PDD dan TPR antara lain : membandingkan PDD untuk berbagai *linear accelerator* yang digunakan sebagai aturan dan kontrol dari energi berkas selama pengukuran rutin [5], membandingkan prosentase dari nilai PDD dari dua akselerator yang ditemukan berkisar antara 0,226% dan 6,061% tergantung pada ukuran lapangan dan kedalaman dalam air [6], mengukur PDD dengan menggunakan simulasi Monte Carlo [7,8], perhitungan efisiensi daya berdasarkan PDD pada linac medis RS dr. Sardjito yang menghasilkan efisiensi foton lebih besar dari pada elektron [9], sebuah formula modifikasi untuk mendefinisikan TPR dari sinar foton tetapi kurang efektif dalam aplikasi klinis [10] dan perbandingan bidang kecil dalam pembuatan data TPR untuk sinar foton Elekta Agility 6 MV yang menghasilkan kesamaan didaerah bulid up

sampai kedalaman 2 cm dan titik pertemuan pada kedalaman 10 cm [11].

Dalam menggunakan protokol dosimetri berkas foton di klinis yang pertama harus memperhatikan kualitas berkas [12]. Untuk energi megavoltage kualitas berkas ditentukan dengan konsep kemampuan penetrasi berkas didalam air. Dengan memperbandingkan kemampuan berbagai jenis energi radiasi terhadap pola penetrasi berkas didalam air dapat dibedakan nilai kualitas masing-masing berkas, semakin dalam penetrasi berkas didalam air menunjukkan semakin tinggi kualitas berkasnya. Kualitas berkas dapat dikuantisasi sehingga didapatkan index atau konstanta dari berbagai energi radiasi yang terukur dan parameter tersebut disebut index kualitas berkas yang dapat ditentukan dari nilai PDD atau TPR [1]. Dalam ketelitian pemberian dosis secara teoritis pengukuran berkas radiasi foton energi tinggi pada accelerator medik untuk menentukan indek kualitas berkas dengan menggunakan $TPR_{20,10}$ yang dapat dilakukan dengan menghitung dari $PDD_{20,10}$ atau $PDD(10)$ [13].

$TPR_{20,10}$ dihitung dari $PDD_{20,10}$ diperoleh persamaan [14] :

$$TPR_{20,10} = 1,2661PDD_{20,10} - 0,0595$$

Persamaan empiris ini diperoleh dari sampel hampir 700 akselerator dan telah mengkonfirmasi formulasi sebelumnya digunakan dalam TRS-277 [15]. $TPR_{20,10}$ yang di hitung dari $PDD(10)$ diperoleh persamaan [16] :

$$TPR_{20,10} = -0,7898 + PDD(10) - 0,000166PDD(10)^2$$

Metode Penelitian

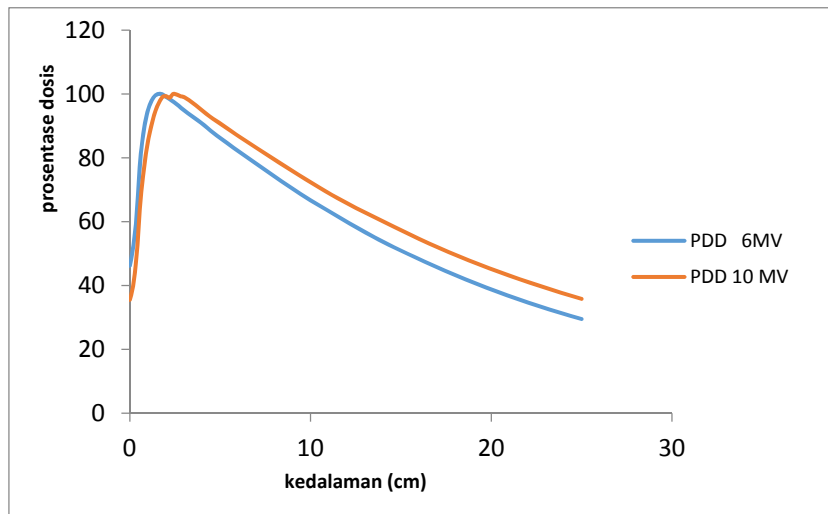
Penelitian ini dilakukan Instalasi Radioterapi Rumah Sakit Hasan Sadikin Bandung dengan menggunakan Pesawat Linac Elekta Pricise 5911, phantom air MP3 Phantom Tank berisi aquabides 120 liter, detektor Farmer PTW 30010/30001 dan Semiflex PTW 31013/3100, elektrometer T10015TNC, soft ware Mepysto, termometer, barometer,

higrometer standar. Penelitian diawali dengan mengkalibrasi foton pada pesawat linac pada energi 6 MV dan 10 MV. Mengukur PDD secara relatif menggunakan 2 detektor semiflex dengan mengatur luas lapangan di permukaan 10 cm x 10 cm dan SSD 100 cm. Penyinaran dilakukan dengan SSD tetap 100 cm dengan menurunkan chamber dari permukaan dengan kedalaman 0 cm sampai kedalaman 25 cm. Mengukur TPR secara relatif menggunakan 2 detektor semiflex dengan mengatur ukuran lapangan di permukaan 10 cm x 10 cm dan SSD 100 cm. Menurunkan chamber sampai

kedalaman 25 cm dari permukaan dengan SAD 100 cm. Melakukan penyinaran dengan menurunkan permukaan air di phantom mulai ke dalaman chamber 25 cm dari permukaan sampai 0 cm dengan SAD tetap 100 cm. Kemudian dilanjutkan dengan mengukur PDD dan TPR absolut menggunakan detektor farmer pada kedalaman 10 cm dan 20 cm .

Hasil dan Pembahasan

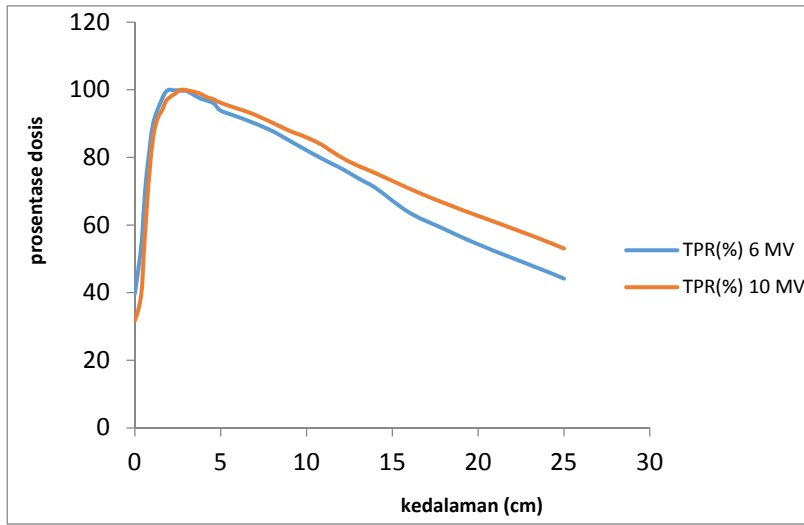
Dari hasil pengukuran PDD dan TPR pada energi foton 6 MV dan 10 MV pada pesawat linac Elecata Pricise 5911 didapatkan. :



Gambar 1. Grafik PDD pada energi foton 6 MV dan 10 MV

Pada gambar 1 memperlihatkan distribusi dosis daerah *build up* hampir sama terlihat pada grafik garis hampir berhimpit setelah sampai dosis maksimum d_{max} baru

berjauhan. D_{max} pada energi foton 6 MV terjadi pada kedalaman 1,6 cm sedangkan pada energi foton 10 MV terjadi pada kedalaman 2,4 cm.

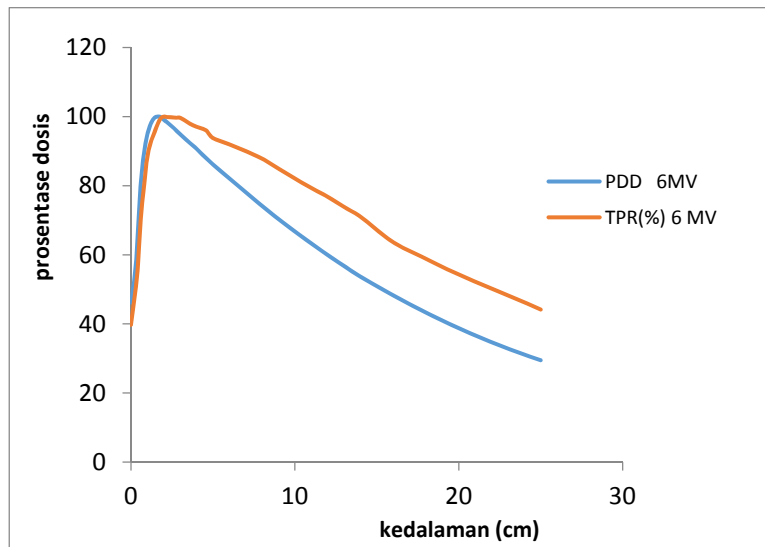


Gambar 2. Grafik TPR pada energi foton 6 MV dan 10 MV

Pada gambar 2 memperlihatkan distribusi dosis daerah *build up* hampir sama terlihat pada grafik garis hampir berhimpit setelah sampai d_{max} baru berjauhan. D_{max} pada energi foton 6 MV terjadi pada kedalaman 2 cm sedangkan pada energi foton 10 MV terjadi pada kedalaman 2,8 cm.

Kalau kita lihat dari dari gambar 1 dan 2 fenomena tersebut sama. Di daerah *build up* dari kedua energi tersebut pasti akan

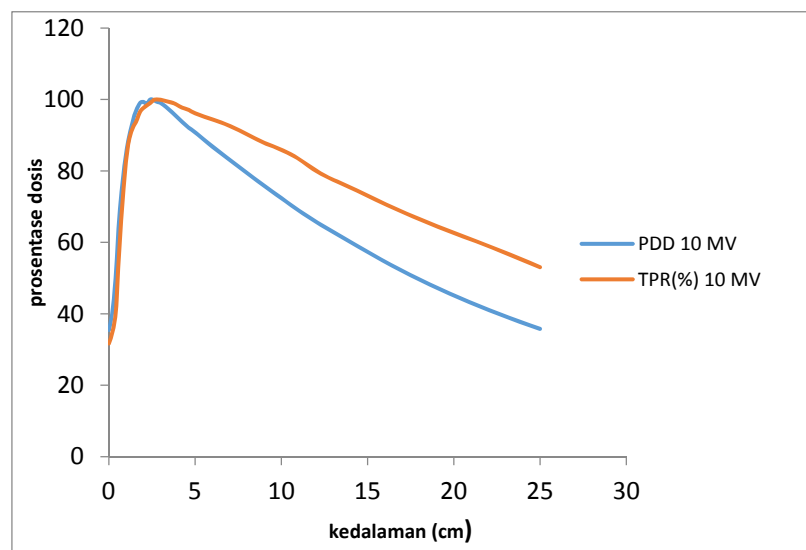
berhimpit karena pola dosis permukaan hampir sama tetapi setelah mencapai d_{max} pasti akan berbeda sesuai dengan energinya. Pada energi 10 MV d_{max} akan lebih dalam dibandingkan dengan yang 6 MV karena penyerapan energi di dalam air. Demikian juga setelah melewati d_{max} pada energi foton 10 MV prosentase dosisnya akan lebih besar pada kedalaman yang sama.



Gambar 3. Grafik hubungan antara PDD dan TPR pada energi foton 6 MV

Pada gambar 3 memperlihatkan distribusi daerah *build up* hampir sama yang diperlihatkan dengan garis yang hampir berhimpit antara hasil pengukuran PDD dan TPR. Setelah mencapai d_{max}

kedua garis tersebut semakin lama semakin terpisah. Dari pengukuran energi foton 10 MV pada metode PDD d_{max} terjadi pada kedalaman 1,6 cm sedangkan metode TPR d_{max} terjadi pada kedalaman 2,0 cm.



Gambar 4. Grafik hubungan antara PDD dan TPR pada energi foton 10 MV

Pada gambar 4 memperlihatkan distribusi dosis daerah *build up* hampir sama yang diperlihatkan dengan garis yang hampir berhimpit antara hasil pengukuran PDD dan TPR. Setelah mencapai d_{max} kedua garis tersebut semakin lama semakin terpisah. Dari pengukuran energi foton 10 MV pada metode PDD d_{max} terjadi pada kedalaman 2,4 cm sedangkan metode TPR d_{max} terjadi pada kedalaman 2,8 cm. Pada gambar 3 dan 4 fenomena pada daerah *build up* hampir sama dengan gambar 1 dan 2. Setelah mencapai d_{max} walaupun energinya sama akan berbeda karena pada kedalaman yang sama, TPR akan lebih tinggi prosentasenya dari pada PDD karena SSD TPR lebih pendek dari pada PDD.

Setelah mencapai D_{max} jarak prosentase dosis antara metode PDD dengan TPR akan semakin melebar karena

SSD dari TPR semakin pendek dengan bertambahnya kedalaman chamber dan penyerapan energi didalam air sedangkan pada PDD dengan SSD yang tetap akan menurun prosentasenya dengan bertambahnya kedalaman detektor.

Pada pengukuran energi foton pada pesawat *linac* pasti akan terjadi kontaminasi elektron karena foton yang terjadi berasal dari elektron yang ditumbukkan pada target penerus (*transmission target*) dan dilewatkan pada penyaring (*flattening filter*). Untuk mengukur kontaminasi elektron tersebut sangat sulit karena pengukuran langsung dengan detektor akan mengakumulasi hasil sehingga pengukuran kontaminasi tersebut hanya bisa dilakukan dengan menggunakan simulasi Monte Carlo [17].

Tabel hasil perhitungan korelasi PDD dengan TPR

Energi	Pengukuran relatif		Pengukuran absolut	
	6 MV	10 MV	6 MV	10 MV
TPR _{20,10}	0.660416413	0.728965437	0.681884058	0.73752495
PDD _{20,10}	0.572713643	0.6243093093923	0.62585034	0.62585034
PDD(10)	66.7	72.4	67.9	73.5
R ₁	0.665612743	0.7309376	0.680767599	0.732889115
R ₂	0.66611426	0.72202784	0.67878194	0.7315756
Dev R ₁	0.79 %	0.27 %	0.16 %	0.63 %
Dev R ₂	0.8 %	0.95 %	0.45%	0.8 %

*Keterangan :

TPR_{20,10} : TPR pada kedalaman 20 cm dibagi 10 cm

PDD_{20,10} : PDD pada kedalaman 20 cm dibagi 10 cm

TPR(10) : PDD pada kedalaman 10 cm

R₁ : hasil dari persamaan $TPR_{20,10} = 1,2661PDD_{20,10} - 0,0595$

R₂ : hasil dari persamaan $TPR_{20,10} = - 0,7898 + PDD(10) - 0,000166PDD(10)^2$

Dev R₁ : deviasi dari perbandingan TPR_{20,10} dengan R₁

Dev R₂ : deviasi dari perbandingan TPR_{20,10} dengan R₂

TPR_{20,10} adalah ukuran dari koefisien atenuasi efektif yang menggambarkan penurunan secara eksponensial foton kurva dosis kedalaman melampaui dosis maksimum dan telah terbebas dari kontaminasi elektron dalam berkas insiden. Hasil indeks kualitas berkan pada TPR_{20,10} energi foton 6 MV dengan pengukuran relatif 0,660416413 dan pengukuran absolut 0,681884058 sedangkan pada energi foton 10 MV didapatkan pengukuran relatif 0,72896543 dan pengukuran absolut 0,73752495. Dengan melihat hasil TPR_{20,10} energi foton 6 MV kurang dari 0,7 sehingga pengukuran dosis serap di kedalaman referensi(z_{ref}) adalah 5 gr cm⁻¹ dan 10 gr cm⁻¹ sedangkan pada energi foton 10 MV lebih dari 0,7 sehingga pengukuran dosis serap di kedalaman referensi(z_{ref}) adalah 10 gr cm⁻¹ [13].

Dari perhitungan yang mengkorelasikan antara TPR_{20,10} dengan PDD_{20,10} dan TPR_{20,10} dengan PDD(10) dari pengukuran relatif dan absolut energi foton

6 MV dan 10 MV didapatkan deviasi yang kecil yaitu kurang dari 1 %.

Kesimpulan

Distribusi dosis antara PDD dan persen TPR pada daerah *build up* hampir sama tetapi setelah mencapai d_{max} akan berbeda kemudian terpisah sesuai dengan kedalaman dan penyerapan energi didalam air. Untuk menentukan indeks kualitas berkas foton megavoltage sudah ada panduan praktis TRS-398 tetapi tidak disebutkan pernyataan harus menggunakan pengukuran relatif atau absolut.

Daftar Pustaka

- [1] Podgorsak E.B., 2005, *Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students*, International Atomic Energy Agency, Technical Editor, Vienna. Thirth Edition.(179-191)

- [2] Khan F. M., 2003, *Title : Physics of Radiation Therapy*, The 3rd Edition, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, USA(136-137,164)
- [3] Križan P., Rihard H., 2008, *Teleradiography Dose Calculation*, Faculty of Mathematics and Physics, University of Ljubljana.
- [4] Buzdar S. A., Rao A., Aalia N., 2009, *An Analysis Of Depth Dose Charateristik of Photon in Water*, Journal Ayub Med Coll Abbottabad, The Islamia University, Bahawalpur, Pakistan. 21(4)
- [5] Ślosarek K., Agata R., 2005, *Comparison of Percent Depth Doses for Various Linear Accelerators*, Journal Medical Physics Engenering, Polandia. 11(1):39-50. PL ISSN 1425-4689
- [6] Natto S. A., 2007, *A Comparative Study of Measured Percentage Depth Doses for two Medical Linear Accelerators*, Umm Al-Qur a Univ. Journal Science Med. Eng, Saudi Arabi. Vol.19,No.2, pp.145 -151
- [7] Sardari D., Maleki R., Samavat H., Esmaeeli A., 2009, *Measurement of depth-dose of linear accelerator and simulation by use of Geant4 computer code*, Elsevier, Department of Medical Physics, Hamadan University of Medical Science, Hamadan, Iran. Reports of practical oncology and radiotherapy 15 (2010)64–68
- [8] Li G., Huaqing Z., Guangyao S. and Wu Y., 2011, *Photon Energy Spectrum Recontruction Based on Monte Carlo and Measured Precentage Depth Dose in Acurate Radiotheraphy*, Institut Plasma Physic,Chinese Academy of Science, China. Vol. 2, pp.160-164
- [9] Suharni, Kusminarto, Diah F.I., Aggraita P., 2012, *Perhitungan Efisiensi Daya Berdasarkan Prosentase Kedalama Dosis (PDD) pada Linac Medis RS dr. Sarjito*, Program Pasca Sarjana Fisika – UGM, PTAPB – BATAN, Yogyakarta. Volume 14. ISSN 1411-1349
- [10] Alam M. J., Rabbani Z., Hussain A., Baig A. K. V., 2007, *A modified formula for defining tissue phantom ratio of photon beams*, Bangladesh Medical Research Council. 33: 92-97
- [11] Richmond N., Robert B., 2014, *A comparison of small-field tissue phantom ratio data generation methods for an Elekta Agility 6 MV photon beam*, Elsevier, Medical Physics Department, The James Cook University Hospital, Middlesbrough, United Kingdom.60-63
- [12] Chen C.,2007, *Principles and requirements of external beam dosimetry*, Elsevier, Department of Therapeutic Radiology, Yale University School of Medicine, New Haven, Connecticut, USA. S2 – S21
- [13] IAEA, International Atomic Energy Agency, 2000, *Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy : An International Code of Practice for Dosimetry based on Standards of Absorbed Dose to Water*, International Atomic Energy Agency, Technical Reports Series, TRS-398, IAEA, Vienna, Austria. (62-63, 157-164)

- [14] Followill D.S., Toilor R.C., Tello V.M., Hanson W.F., 1998 *An empirical relationship for determining photon beam quality in TG-21 from a ratio of percent depth doses*, Med Phys 25 : 1202-1205.
- [15] IAEA, 1997, *Absorbed Dose Determination in Photon and Electron Beams: An International Code of Practice*, Technical Report Series, TRS-277, IAEA, Vienna, Austria.
- [16] British Institute of Radiology, Central axis depth dose data for use in Radiotherapy, Brit. J. Radiol. Supplement no. 25, The British Institute of Radiology, London (1996)
- [17] Butsona M. J., Cheung T., Yu P., 2002, *Calculation of electron contamination doses produced using blocking trays for 6 MV X-rays*, Pergamon, Department of Physics and Materials Science, City University of Hong Kong. Radiation Measurements 35 : 99 –102