

KARAKTERISASI DOSIMETRI SUMBER BRAKITERAPI IR-192 MENGUNAKAN METODE ABSOLUT

Mahmudi Rio Putra⁽¹⁾, Dian Milvita⁽¹⁾, Heru Prasetyo⁽²⁾

⁽¹⁾Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas, Padang

Kampus Unand Limau Manis, Pauh Padang 25163

⁽²⁾PTKMR-BATAN, Jakarta

e-mail: rioputra515@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang karakterisasi dosimetri sumber brakiterapi Ir-192 menggunakan metode absolut. Karakterisasi yang dilakukan pada penelitian ini meliputi laju kerma dan kuat kerma dari sumber brakiterapi Ir-192 buatan BATAN. Pengukuran dilakukan menggunakan *detector extrapolation chamber* pada jarak 10 cm dan divariasikan pada jarak 20 cm, 30 cm, 40 cm, dan 50 cm sebagai validasi jarak. Sebagai validasi alat ukur dilakukan pengukuran menggunakan detektor farmer yang telah terkalibrasi dengan Ir-192. Proses pengambilan data dilakukan dengan cara pengukuran pancaran radiasi Ir-192 selama satu menit dan dikonversikan menjadi laju kerma dan kuat kerma. Berdasarkan penelitian ini diperoleh hubungan laju kerma berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara detektor dengan sumber radiasi, kuat kerma yang di pancarkan sumber Ir-192 buatan BATAN bernilai $7,64 \times 10^{-8} \text{ Gy s}^{-1} \text{ m}^2$.

ABSTRACT

It had been done a research to determine the characterization of dosimetry on Ir-192 brachytherapy source by using absolute method. The characterization which was done in this research involved kerma speed and kerma work on Ir-192 brachytherapy source made by BATAN. The measurement was done by using detector extrapolation chamber against 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, and 50 cm as distance validity and the measurement used farmer detector as tool measurement validity which had been calibrated with Ir-192. The technique of data collection was done by measuring radiation of Ir-192 for one minute and converting it to be kerma speed and kerma work. The result of this research is that kerma speed is inversely with distance quadrate between detector and radiation source, the kerma work which is emitted by Ir-192 source made by BATAN is $7,64 \times 10^{-8} \text{ Gy s}^{-1} \text{ m}^2$.

I. PENDAHULUAN

Radiasi pengion akan menyebabkan terjadinya proses ionisasi pada materi yang dilaluinya, sehingga menimbulkan perubahan fisika, kimia dan biologi pada materi yang dilaluinya tersebut. Fenomena tersebut dapat dimanfaatkan dan memberikan dampak positif pada berbagai bidang seperti pertanian, peternakan, industri, kedokteran dan lain-lain. Pada bidang kedokteran, radionuklida digunakan untuk mendiagnosis dan mengobati penyakit kanker. Penggunaan radiasi pengion dalam pengobatan kanker bukanlah hal yang baru, metode pengobatan ini dikenal dengan istilah radioterapi. Selain itu ada beberapa cara yang digunakan untuk mengobati kanker yaitu kemoterapi, imunoterapi dan bedah onkologi. Radioterapi adalah pemanfaatan radiasi pengion untuk membunuh atau menghilangkan penyakit kanker menggunakan radiasi dengan memberi efek negatif seminimal mungkin terhadap jaringan atau sel sehat di sekitarnya.

Berdasarkan jarak sumber radiasi ke kanker maka radioterapi dibagi atas teleterapi dan brakiterapi. Teleterapi merupakan radioterapi yang menggunakan sumber radionuklida tertutup pada jarak tertentu seperti pesawat linac dan Co-60. Pengobatan dengan menggunakan sumber radionuklida tertutup pada jarak dekat, dikenal dengan brakiterapi. Brakiterapi dapat dikelompokkan berdasarkan laju dosis radiasi yang diberikan pada kanker. LDR (*Low Dose Rate*) berkisar (0,4 – 2) Gy/jam, MDR (*Medium Dose Rate*) sekitar (2 – 12) Gy/jam dan HDR (*High Dose Rate*) sekitar (12 – 150) Gy/jam (Deehan dan Donoghue, 1994). Pada awalnya brakiterapi menggunakan sumber radionuklida alami radium sehingga pada saat itu brakiterapi disebut sebagai radium terapi. Penggunaan radium telah dilarang karena energi yang terlalu tinggi dan menghasilkan gas radon yang berbahaya bagi kesehatan. Seiring perkembangan ilmu

pengetahuan dan teknologi, saat ini banyak sumber radionuklida buatan yang digunakan dalam brakiterapi seperti Cs-137, Co-60 dan Ir-192 (Nasuha, 2003).

Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) telah berhasil membuat prototip sumber Ir-192 untuk memenuhi kebutuhan sumber Ir-192 dalam brakiterapi. Pembuatan sumber radionuklida Ir-192 dilakukan di Pusat Radionuklida dan Radiofarmaka BATAN (PRR-BATAN) serta pengembangan menjadi pesawat brakiterapi dilakukan oleh Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir BATAN (PRPN-BATAN), dan diharapkan akan menjadi solusi pengobatan kanker yang lebih murah dan praktis untuk rakyat Indonesia. Sebelum digunakan secara masal sumber dan peralatan tersebut harus menjalani proses verifikasi dan karakterisasi.

Andrian (2010) telah melakukan Dosimetri Sumber Iridium-192 LDR Brakiterapi pada medium air dan udara menggunakan film gafchromic EBT 2 dengan Protokol (AAPM-43) di Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi BATAN (PTKMR-BATAN). Hasil penelitian menunjukkan distribusi dosis di medium air dan udara pada sumbu horizontal dan vertikal turun secara signifikan antara 0 cm sampai 1 cm dari pusat sumber radiasi. Pengujian ini dilakukan pada sumber Ir-192 buatan BATAN yang akan dijadikan sumber radiasi untuk pesawat brakiterapi.

Karakterisasi dosimetri sumber brakiterapi harus dilakukan secara berkala sebelum sumber tersebut digunakan pada pasien. Penentuan dosimetri sumber brakiterapi akan sangat menentukan dalam perencanaan pemberian dosis radiasi kepada pasien. Jika tidak dilakukan karakterisasi akan menyebabkan kesalahan penyinaran sehingga menyebabkan terjadi kerusakan yang berlebihan terhadap jaringan sehat disekitar kanker. Proses karakterisasi sumber dilakukan dengan mengukur dua parameter utama yaitu laju kerma dan kuat kerma. Pada penelitian ini pengukuran laju kerma dan kuat kerma dilakukan menggunakan detektor *absolute extrapolation chamber* dan detektor farmer.

II. METODE

2.1 Penentuan Kuat Kerma Sumber Radionuklida Brakiterapi Ir-192 Buatan BATAN Menggunakan Detektor *Absolute Extrapolation Chamber*.

Pemeriksaan dilakukan menggunakan *detector absolute extrapolation chamber*. Detektor dihubungkan pada elektrometer PTW UNIDOS. Sumber Ir-192 diposisikan sejajar pada pusat detektor untuk lima variasi jarak (10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, dan 50 cm). Untuk setiap jarak, data diambil pada 5 variasi *gap* detektor (2 mm, 4 mm, 6 mm, 8 mm dan 10 mm) diulangi sebanyak 5 kali pada sumber tegangan positif dan sumber tegangan negatif. Suhu dan tekanan udara diukur pada setiap variasi *gap*. Data aktifitas sumber radiasi diambil dalam selang waktu 1 menit. Jumlah muatan yang dipancarkan sumber radiasi selama selang waktu 1 menit dapat dibaca pada elektrometer. Data yang terbaca pada elektrometer untuk lima variasi *gap* pada satu variabel jarak di konversikan dalam satuan C/s, selanjutnya digambarkan pada kurva hubungan *gap* terhadap laju muatan untuk mendapatkan nilai fungsi *gap* terhadap laju muatan. Nilai laju muatan terhadap *gap* didiferensialkan sebagai nilai dQ/dx selama satu sekon, nilai tersebut dimasukkan pada Persamaan 1 untuk mendapatkan kerma dalam satu sekon. Kerma dalam satu sekon masukkan pada Persamaan 2 untuk mendapatkan kuat kerma.

2.2 Penentuan Kuat Kerma Sumber Radionuklida Brakiterapi Ir-192 Buatan BATAN Menggunakan Detektor Farmer

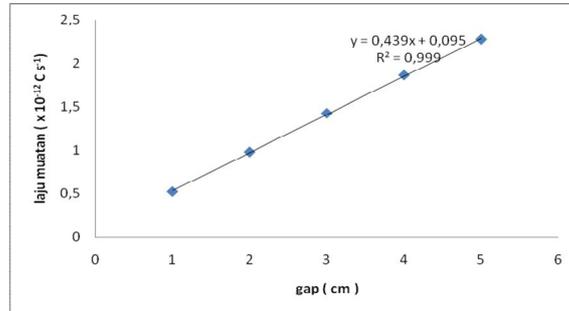
Detektor farmer dihubungkan pada elektrometer PTW UNIDOS. Sumber Ir-192 diposisikan sejajar pada pusat detektor untuk tiga variasi jarak (10 cm, 20 cm, 30 cm). Untuk setiap jarak, pengambilan diulangi sebanyak 5 kali pada sumber tegangan positif dan sumber tegangan negatif. Suhu dan tekanan udara diukur pada setiap variasi jarak. Data aktifitas sumber radiasi diambil dalam selang waktu 1 menit. Jumlah muatan yang dipancarkan sumber radiasi selama selang waktu 1 menit dapat dibaca pada elektrometer. Data yang terbaca pada elektrometer dikonversikan dalam satuan C/s, selanjutnya dirata-ratakan sebagai laju muatan rata-rata. Nilai laju muatan rata-rata yang telah diperoleh dimasukkan pada Persamaan 1 untuk mendapatkan kerma dalam satu sekon. Kerma dalam satu sekon masukkan pada Persamaan 2 untuk mendapatkan kuat kerma.

III. HASIL DAN DISKUSI

Penentuan kuat kerma menggunakan metode absolut dengan *detector extrapolation chamber*. Pengambilan data dilakukan pada lima variasi *gap* detektor (kedalaman jangkauan radiasi) bertujuan untuk mendapatkan nilai data absolut pada satu jarak pengambilan data. Data yang diperoleh secara terukur meliputi jumlah muatan dalam satu menit, suhu dan tekanan udara. Data yang diukur menggunakan detektor merupakan jumlah muatan yang dipancarkan sumber Ir-192 dalam satu menit. Untuk setiap *gap* detektor pengambilan data dilakukan pada tegangan positif dan tegangan negatif. Pada setiap tegangan dilakukan pengulangan sebanyak lima kali untuk setiap variasi *gap* detektor. Data yang didapatkan untuk setiap variasi *gap* detektor dikonversikan dalam satuan SI, kemudian dirata-ratakan dan digambarkan untuk melihat kesesuaian pengukuran dan mendapatkan nilai hubungan laju muatan dan *gap*. Hubungan laju muatan terhadap *gap* ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1. Hubungan laju muatan terhadap *gap* pada jarak 10 cm

No.	Gap (cm)	Laju muatan (pC/menit)	Laju muatan (C/s)
1	1,0	136,7538	$2,2792 \times 10^{-12}$
2	0,8	111,7673	$1,8628 \times 10^{-12}$
3	0,6	85,5845	$1,4264 \times 10^{-12}$
4	0,4	58,8939	$9,8156 \times 10^{-13}$
5	0,2	31,2960	$5,2160 \times 10^{-13}$



Gambar 1. Hubungan laju muatan terhadap *gap* pada jarak 10 cm

Berdasarkan Gambar 1 didapatkan hubungan yang linier antara *gap* terhadap laju muatan sebagai fungsi x terhadap y. Gradien yang didapatkan adalah $2,1982 \times 10^{-12} \text{ C s}^{-1} \text{ cm}^{-1}$. Nilai gradien dimasukkan pada persamaan 1:

$$K = \frac{W}{e} \cdot \frac{1}{A} \cdot \frac{1}{\rho} \cdot \frac{dQ}{dx} \cdot k_{pr} \tag{1}$$

Untuk mendapatkan kerma absolut dalam satu detik Kerma absolut yang didapatkan dalam satu detik merupakan merupakan nilai laju kerma absolut yang diukur pada jarak 10 cm. Laju kerma absolut yang didapatkan adalah $8,0652 \times 10^{-6} \text{ Gy s}^{-1}$.

Laju kerma absolut yang telah didapatkan selanjutnya digunakan pada Persamaan 2:

$$S_k = \dot{K} \cdot d^2 \cdot K_n \tag{2}$$

Untuk mendapatkan nilai kuat kerma absolut. Kuat kerma absolut yang dihasilkan dari perhitungan merupakan kuat kerma absolut pada jarak 10 cm. Kuat kerma absolut yang didapatkan adalah $8,1459 \times 10^{-8} \text{ Gy s}^{-1} \text{ m}^2$.

Pengukuran yang dilakukan butuh validasi data dengan cara melakukan pengulangan pada beberapa variasi jarak. Variasi jarak yang dilakukan pada penelitian ini yaitu 20 cm, 30 cm, 40 cm dan 50 cm. Variasi jarak dilakukan untuk melihat pengaruh jarak terhadap penurunan laju kerma yang seharusnya sesuai dengan hukum kuadrat terbalik (*inverse square law*). Dengan demikian pengukuran pada empat variasi jarak berikutnya dilakukan dengan cara dan perhitungan yang sama seperti pada jarak 10 cm. Data hasil pengukuran pada jarak 20 cm, 30 cm, 40 cm, dan 50 cm di tunjukkan pada Tabel 2.

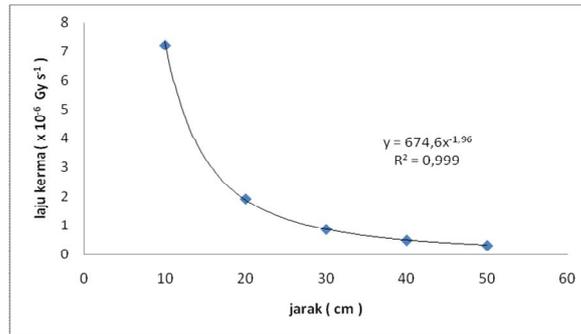
Tabel 2 Nilai Laju muatan, Laju kerma dan kuat kerma terhadap jarak

No.	Jarak (cm)	Laju muatan ($\text{C s}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)	Laju kerma (Gy s^{-1})	Kuat kerma ($\text{Gy s}^{-1} \text{ m}^2$)
1	20	$5,69 \times 10^{-15}$	$20,9 \times 10^{-7}$	$8,41 \times 10^{-8}$
2	30	$2,53 \times 10^{-15}$	$9,30 \times 10^{-7}$	$8,42 \times 10^{-8}$
3	40	$1,43 \times 10^{-15}$	$5,24 \times 10^{-7}$	$8,44 \times 10^{-8}$
4	50	$0,91 \times 10^{-15}$	$3,32 \times 10^{-7}$	$8,35 \times 10^{-8}$

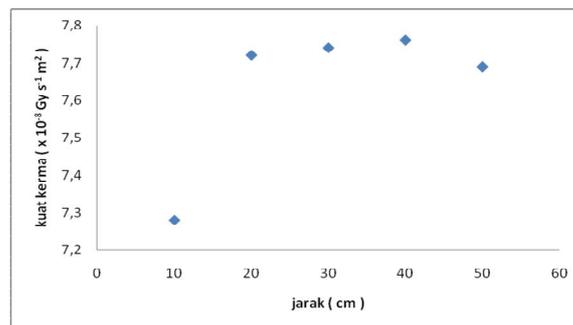
Pada pelaksanaan pengukurannya tidak dapat dilakukan dalam satu hari, sehingga semua hasil pengukuran disamakan waktunya ke satu waktu referensi menggunakan persamaan peluruhan. Laju kerma yang telah disamakan waktunya dimasukkan pada Persamaan 2 untuk mendapatkan kuat kerma pada masing- masing jarak. Laju kerma dan kuat kerma pada masing- masing jarak ditunjukkan pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3 didapatkan hubungan jarak terhadap laju kerma dan jarak terhadap kuat kerma, ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Tabel 3 Jarak terhadap laju kerma dan kuat kerma (detektor *extrapolation*)

No.	Jarak (cm)	Laju kerma (Gy s^{-1})	Kuat kerma ($\text{Gy s}^{-1} \text{ m}^2$)
1	10	$7,21 \times 10^{-6}$	$7,28 \times 10^{-8}$
2	20	$1,92 \times 10^{-6}$	$7,72 \times 10^{-8}$
3	30	$8,55 \times 10^{-7}$	$7,74 \times 10^{-8}$
4	40	$4,82 \times 10^{-7}$	$7,76 \times 10^{-8}$
5	50	$3,05 \times 10^{-7}$	$7,69 \times 10^{-8}$
		rata-rata	$7,64 \times 10^{-8}$



Gambar 2 Hubungan laju kerma terhadap jarak (detektor *extrapolation*)



Gambar 3 Hubungan jarak terhadap kuat kerma (detektor *extrapolation*)

Berdasarkan Gambar 2 hubungan jarak terhadap laju kerma diperoleh bahwa laju kerma berbanding terbalik dengan kuadrat jarak. Sesuai dengan hukum kuadrat terbalik Newton (*Newton's Inverse Square Law*) dimana intensitas foton berbanding terbalik dengan kuadrat jarak (IAEA,1994). Berdasarkan data didapatkan nilai R^2 sebesar 0,9998 menginformasikan bahwa keterkaitan data pada jarak yang berbeda sangat baik.

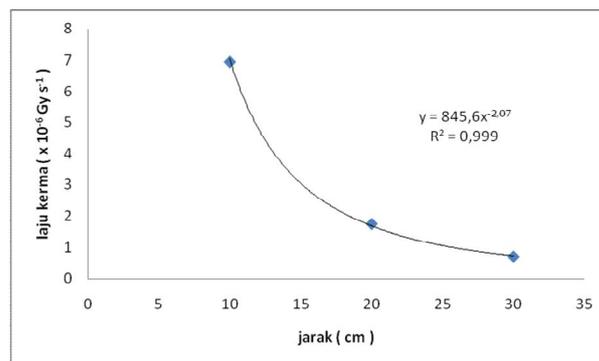
Berdasarkan gambar 3 pada jarak 20 cm - 50 cm didapatkan nilai kuat kerma masing-masing jarak yang hampir sama. Sedangkan pada jarak 10 cm kuat kerma yang didapatkan berada jauh dari kuat kerma pada empat variasi jarak lainnya. Menurut teori kuat kerma untuk unsur radioaktif yang sama akan menghasilkan kuat kerma yang sama (AAPM,2004). Perbedaan yang terjadi disebabkan pada jarak 10 cm sumber radiasi tidak dapat dianggap sebagai titik. Semakin jauh jarak sumber radiasi maka sumber dapat di anggap sebagai titik sumber radiasi, sehingga hasil data lebih stabil.

Data yang didapatkan pada pengukuran menghasilkan nilai R^2 mendekati 1 namun hasil pengukuran menggunakan detektor *extrapolation chamber* harus dilakukan validasi kedua. Validasi dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran detektor *extrapolation chamber* terhadap hasil pengukuran menggunakan detektor farmer yang sudah terkalibrasi dengan sumber Ir-192. Pengukuran ini dilakukan untuk mengamati kebenaran hasil pengukuran menggunakan detektor *extrapolation chamber*.

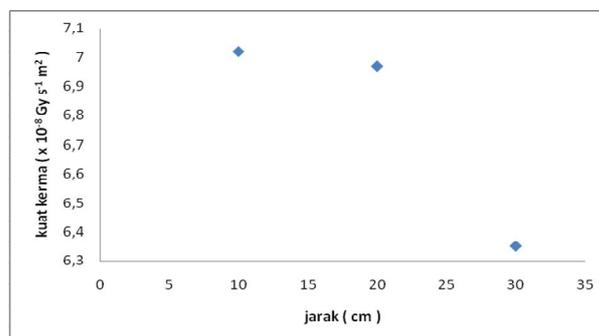
Pengukuran menggunakan detektor farmer dilakukan dengan cara yang sama, yaitu lima kali pengulangan pada tegangan positif dan tegangan negatif. Pengukuran dilakukan pada jarak 10 cm, 20 cm dan 30 cm sebagai validasi data. Pengukuran tidak dilakukan pada jarak 40 cm dan 50 cm karena keterbatasan kemampuan detektor farmer. Kerma dalam satu detik yang didapatkan dimasukkan pada Persamaan 2 seperti perhitungan kuat kerma sebelumnya. Didapatkan data hubungan jarak terhadap laju kerma dan kuat kerma ditunjukkan pada Tabel 4. Berdasarkan Tabel 4 didapatkan hubungan jarak terhadap laju kerma dan jarak terhadap kuat kerma, ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.

Tabel 4 Jarak terhadap Laju kerma dan Kuat (detektor farmer)

No.	Jarak (cm)	Laju kerma (Gy s ⁻¹)	kuat kerma (Gy s ⁻¹ m ²)
1	10	6,95 x 10 ⁻⁶	7,02 x 10 ⁻⁸
2	20	1,73 x 10 ⁻⁶	6,97 x 10 ⁻⁸
3	30	7,01 x 10 ⁻⁷	6,35 x 10 ⁻⁸
		rata-rata	6,78 x 10 ⁻⁸



Gambar 4 Hubungan jarak terhadap laju kerma (detektor farmer)



Gambar 5 Hubungan jarak terhadap kuat kerma (detektor farmer)

Berdasarkan Gambar 4 dan Gambar 5 yang diperoleh dari pengukuran menggunakan detektor farmer didapatkan pola data yang sama dengan hasil detektor *extrapolation chamber*. Nilai kuat kerma rata-rata yang didapatkan mendekati nilai kuat kerma rata-rata dari pengukuran menggunakan detektor *extrapolation chamber* sebesar $6,78 \times 10^{-8} \text{ Gy s}^{-1} \text{ m}^2$. Dengan demikian pengukuran menggunakan detektor *extrapolation chamber* dapat dikatakan sudah benar karena telah tervalidasi dengan dua metode validasi.

IV. KESIMPULAN

Pengukuran laju kerma dan kuat kerma menggunakan detektor *extrapolation chamber* dapat dilakukan karena telah tervalidasi jarak dan tervalidasi dengan detektor farmer yang telah terkalibrasi dengan sumber iridium. Laju kerma yang didapatkan sesuai dengan hukum kuadrat terbalik Newton (*Newton's Inverse Square Law*) dimana intensitas foton berbanding terbalik dengan kuadrat jarak dengan nilai $R^2 = 0,99$ dan hasil kedua detektor membentuk pola yang sama. Pengukuran kuat kerma pada jarak dibawah 30 cm lebih tepat menggunakan detektor farmer, dan pengukuran kuat kerma pada jarak di atas 10 cm lebih tepat menggunakan detektor *extrapolation chamber*, terlihat pada keterkaitan data penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrian, R. 2010, *Dosimetri Sumber Iridium-192 LDR Brakiterapi pada Medium Air dan Udara Menggunakan Film Gafchromic EBT 2 dengan Protokol (AAPM TG-43), Skripsi*, FMIPA, Universitas Indonesia, Depok.
- AAPM, 2004, *A Revised AAPM Protocol for Brachytherapy Dose Calculations, med, phys*, vol 31.
- Butson, M. J., Yu, P. K. N., Cheung, T. dan Metcalfe, P., 2003, Radiochromic film for medical radiation dosimetry, *Materials Science and Engineering*, Elsevier, hal. 61–120.
- Borg dan Roger, D. O. W., 1999, Monte Carlo Calculation of Photo Spectra in Air from ¹⁹²Ir Sources, *PIRS-629r, Ionizing Radiation Standards Institute for National Measurement Standards National Research Council*, Ottawa, Ontario, K1A 0R6, Canada.
- Deehan, C dan Donoghue, J. A. O., 1994, *Biological Eivalence of LDR and HDR Brachytherapy, ibit*, hal. 19-33.
- IAIA, 1994, *International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing radiation and for the safety of radiation source*, Safety Series No. 115, IAEA, Vienna.
- Smith, C. W., 1996, *Central Axis Depth Dose Data For Use In Radiotherapy*, The British Institute of Radiology, London.
- Williams, J. R. dan Thwaites, D. I., 1993, *Radiotherapy Physics in Practice*, Oxford Univesity Press, New York.